



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Treball de Fi de Grau



**TÍTOL: Disseny i desenvolupament d'un piano
integrant tecnologies i mitjans contemporanis**

TITULACIÓ:

Grau en Enginyeria en Disseny Industrial i Desenvolupament de Producte

PLA:

ESTUDIANT: Sangenís Pedrola, Ricard

DATA DE PRESENTACIÓ: Febrer 2018

COGNOMS: Sangenis Pedrola

NOM: Ricard

TITULACIÓ: Grau en Enginyeria en Disseny Industrial i Desenvolupament de Producte

PLA:

DIRECTOR: Manel López Membrilla

DEPARTAMENT: Enginyeria Gràfica

QUALIFICACIÓ DEL TFG

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA:

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: ☐ Sí ☐ No

RESUM

La finalitat fonamental d'aquest projecte ha sigut desenvolupar un piano que mitjançant tecnologia i medis contemporanis, apropi aquest producte a un major nombre d'usuaris, ja que ens trobem que és un instrument que els darrers dos segles no ha variat ni estètica ni funcionalment, donant una certa percepció de quelcom arcaic a la gran majoria. El repte ha sigut mantenir el classicisme implícit del piano, aplicant-li aquests medis i una certa modernitat de forma elegant.

Primerament, s'han avaluat quines són les dificultats que impedeixen que moltes persones puguin fer ús del piano, algunes poden ser tan evidents com el seu preu o el seu pes/dimensions, de cara al transport i espai per poder posar-lo, però altres que no són tan clares (on es focalitza el treball) però igual o més transcendents, com lo difícil que és aprendre a tocar el piano.

Així doncs, es va concebre la idea de dirigir el piano a un àmbit acadèmic/pedagògic. El pas següent, conèixer l'entorn: escoles de música, músics professionals, afinadors, estudiants, mercat, productes existents,... per a poder conèixer opinions, solucions actuals o premisses fonamentals de cara al disseny del piano a desenvolupar.

Tenint una visió més ampla del que significava el piano com a instrument, tot el que gira al voltant seu, els diferents figurants i les seves diferents característiques, i per últim, la tècnica que hi ha darrere de la construcció d'un piano, es va començar a estructurar quines serien les línies de disseny del piano, a nivell funcional es va voler incorporar nous elements que facilitessin el procés d'aprenentatge o lectura musical i també el procés d'escriptura, és a dir, tocar les notes correctes que surten en una determinada partitura i per altra banda, la composició d'obres musicals, respectivament.

Això es realitza mitjançant uns sensors de pressió incorporats sota cada tecla, que envien la informació de la tecla pulsada (to, intensitat, tempo,...) a una tauleta integrada en el piano on està representada la partitura a interpretar i la contrasta amb les notes que toca el usuari, mostrant així en que s'ha equivocat, fent possible l'autoaprenentatge. Aquesta funció s'ajuda d'un micròfon que facilita la correcció i també, podent enregistrar les interpretacions del usuari. Tanmateix, la tauleta et permet descarregar, escoltar i mostrar les partitures així evitant haver de comprar-les en un lloc físic i fer servir paper. I com es mencionava referent a la composició, aquests sensors aconseguixen transcriure en la pantalla els acords i compassos que el usuari desitgi registrar.

Un cop es va tenir el piano dimensionat i les funcions definides, s'escullen els materials per a cada tipus de component i els processos de fabricació més idonis tenint en compte aspectes com la sostenibilitat, la viabilitat econòmica o la qualitat del producte.

Per últim, de cara a una hipotètica comercialització i entrada en el mercat, es treballa en un procés de branding amb la finalitat de comunicar tant el producte final com l'empresa.

Paraules clau (màxim 10):

Piano	Música	Instrument	Audició
Art	Ensenyament	Composició	Tecnologia

ABSTRACT

The fundamental purpose of this project has been to develop a piano that, through contemporary technology, approach this product to a greater number of users, it's a fact that it is an instrument that has not changed neither aesthetically nor functionally in the last two centuries, giving a certain perception of something archaic to the vast majority. The challenge has been to maintain the implicit classicism of the piano, applying these mediums and a certain modernity in an elegant way.

First of all, it is necessary to evaluate the difficulties that prevent many people from using the piano, some can be as obvious as their price or weight/ dimensions, with a view to transport and space to put it on, but others which are not so clear (where the project focuses) but equally or more transcendental, such as how difficult it is to learn to play the piano.

Consequently, the idea of directing the piano to an academic / pedagogical field was conceived. The next step, know the surroundings: music schools, professional musicians, tuners, students, market, existing products, ... to be able to know opinions, current solutions or fundamental premises with a view to the design of the piano to develop.

Having a wider view of what the piano means as an instrument and as a product, everything that revolves around it, the different users and their different characteristics, and finally, the technique behind the construction of a piano, this is the beginning to structure what would be the design lines of the piano to develop, functionally, was wanted to incorporate new elements that facilitated the process of learning or musical reading and also the writing process, that is, touching the correct notes that are represented in the music sheet and on the other hand, the composition of musical pieces, respectively.

This is done through pressure sensors incorporated under each key, which send the information of the pulsed key (tone, intensity, tempo ...) to a tablet integrated in the piano where the music sheet is shown to interpret and contrasts it with the notes that the user touches, thus showing which mistakes has done, making self-learning possible. This feature is supported by a microphone that facilitates correction and also enables to record the user's interpretations. However, the tablet permits you to download, listen and display whatever music sheet, thereby avoiding having to buy them in a physical store and use paper. And as mentioned regarding the composition, these sensors allow to transpose on the screen the chords and pieces that the user wishes to register.

Once the piano was dimensioned and its functions determined, the materials for each component are selected and the fabrication processes which are more efficient taking into account aspects as the sustainability, the economic viability or the quality of the product.

Finally, facing a hypothetical integration into the market and commercialization, a work of Branding is created with the reason to communicate the product.

Keywords (10 maximum):

Piano	Music	Instrument	Hearing
Art	Teaching	Composition	Technology

Índex

Índex.....	6
Introducció	12
Investigació: identificació i anàlisi del problema	13
Investigació 1. Fase de Disseny In-Out. Anàlisi del problema.....	13
Identificació del problema (VIP).....	13
MindMap (mapa mental)	14
Brainstorming (pluja d'idees)	15
Storyboard basat en el problema o necessitat	17
Disseny d'esbossos bàsics inicials	18
Conclusions Investigació Fase 1	20
Investigació 2. Fase de Disseny Out-In. Anàlisi del Existent.....	21
Estudi de necessitats del usuari	21
Enquestes-Entrevistes	22
Patents, mercat i empreses. Idees i conceptes:.....	25
Estudi i anàlisi de referents	28
Moodboard	31
Estudi i anàlisi de solucions existents.....	32
Empreses més importants del sector.....	35
Orígens i evolució del piano	37
Definició del producte.....	38
Variabilitat de preus segons el tipus de piano	39
Patrons de disseny geometries tradicional	40
Conclusions Investigació Fase 2	41
B. Desenvolupament: Propostes i solució final.....	42
Desenvolupament de propostes. Forma, funció i ergonomia	42
Especificacions i requeriments de la proposta (Briefing).....	42
Requeriments de la proposta.....	44
Mapa conceptual de solucions i productes.....	48
Dissenys conceptuals de possibles solucions.....	50
Propostes de disseny formal	51
Solució final adoptada.....	52
Dissenys modulars.....	57
Disseny CAD.....	61
Estudi antropomètric/ergonòmic	63
Definició formal i dimensional del producte final	69

Disseny i Estètica	71
Imatge corporativa i logotips	74
Industrialització: Material, processos i transport	78
Estudi i anàlisi dels Materials	78
Estudi i anàlisi de Processos i Fabricació/Muntatge	86
Processos escollits	89
Sistema electrònic	91
Processos extra no convencionals	92
Pressupost. Estudi de Costos	93
Preu unitari	93
Pressupost enginyeria	94
Dades tècniques i càlculs. Estudi i anàlisi de resistència	104
Plànols de Detall i definició	106
Plànol de conjunt	106
Plànol esclatat	107
Plànols d'especejament	108
Plànol de funcionament	119
Plec de condicions	120
Normatives de materials	120
Normatives de processos	122
Altres normatives de interès	127
Embalatge i transport. Packaging	130
Impacte ambiental i cicle de vida (PLM)	133
Impacte ambiental i social del producte	133
Aspectes ecològics i sostenibles del producte (EcoDisseny)	133
Nivell de contaminació	135
Reciclatge del producte	139
Comunicació de producte: Comunicació i visualització de la solució final	141
Definició final del producte	141
Renders de Producte	141
Contextualització del producte-Solució	148
Animació de Producte	151
Contextualització del producte	153
Proposta de millora	155
Conclusions	156
Fonts d'informació utilitzades	157

Índex de imatges

Imatge 1. Mindmap	14
Imatge 2. Representació inicial d'alguns possibles elements a incloure	15
Imatge 3. Línies tradicionals del piano.....	16
Imatge 4. Storyboard de la problemàtica	17
Imatge 5. Vendes de pianos des del 1975 a 1998 (tendència a la baixa)	17
Imatge 6. Sketch 1	18
Imatge 7. Sketch 2	18
Imatge 8. Sketch 3	18
Imatge 9. Sketch 4	20
Imatge 10. Organigrama dels usuaris entorn al qual tractarà l'anàlisi	21
Imatge 11. Piano futurista (Peugeot Pleyel Piano)	22
Imatge 12. Piano clàssic (Steinway & Sons)	22
Imatge 13. Façana de l'escola de música Montse Mestre de Vilanova	23
Imatge 14. Audició de piano a la sala polivalent de l'escola.....	23
Imatge 15. Organigrama del nivell segons el tipus d'estudiant.....	23
Imatge 16. Storyboard de l'ús del producte	24
Imatge 17. Esquema del mecanisme encarregat de colpejar la corda corresponent.....	25
Imatge 18. Mecanisme accionador de WNG.....	25
Imatge 19. Patent US7342159 Grand Piano action.....	26
Imatge 20. Patent de piano de cua per Steinway & Sons de finals del s. XIX	27
Imatge 21. El resonador per tensió i la seva posició dins del piano	27
Imatge 22. Teclat Kronos music Workstation http://www.korg.com/us/products/synthesizers/kronos2/	28
Imatge 23. Violí elèctric HBV 840BK 4/4 http://theharleybentonclub.proboards.com/	29
Imatge 24. Tocadiscos MAG-LEV maglevaudio.com	29
Imatge 25. TV QLED Curved de LG http://www.lg.com/es/oled-tv	30
Imatge 26. Lamborghini Miura https://www.lamborghini.com	30
Imatge 27. Moodboard inspiratiu	31
Imatge 28. Evolució del piano acústic	37
Imatge 29. Ventall de preus segons el tipus de piano	39
Imatge 30. Proporcions idíl·liques del piano tradicional.....	40
Imatge 31. Comparativa característiques dels piano acústics estudiats	41
Imatge 32. Premisses bàsiques de disseny	43
Imatge 33. Organigrama dels diferents tipus de pianos	48
Imatge 34. Disposició cordes en la taula harmònica.....	50
Imatge 35. Recull de sketches formals.....	51
Imatge 36. Sketch de la proposta definitiva escollida.....	52
Imatge 37. Aproximació volumètrica del disseny escollit.....	52
Imatge 38. Esbós vista isomètrica del piano	53
Imatge 39. Esbós del piano on es mostra l'interior.....	54
Imatge 40. Esbós vista frontal piano	55
Imatge 41. Esbós vista lateral del piano.....	56
Imatge 42. Esbós suport inferior	57
Imatge 43. Esbós de la taula harmònica	58
Imatge 44. Esbós del bastidor	59
Imatge 45. Esbós del teclat i mecanismes.....	60

Imatge 46. Mòdul pedals	61
Imatge 47. Bastidor	61
Imatge 48. Mòdul teclat	61
Imatge 49. Taula harmònica	61
Imatge 50. Suport inferior	61
Imatge 51. Anell	61
Imatge 52. Estructura esquerra	61
Imatge 53. Estructura dreta	61
Imatge 54. Planta del model 3D	62
Imatge 55. Alçat del model 3D	62
Imatge 56. Vista isomètrica del model 3D	62
Imatge 57. Perfil del model 3D	62
Imatge 58. Representació i llegenda de les mides d'una persona asseguda del percentil 95 i 5 en funció del sexe	63
Imatge 59. Representació i llegenda de les mides de la mà del percentil 95 i 5	63
Imatge 60. Aproximació de com intervindrà l'usuari amb el producte	64
Imatge 61. Representacions dels panells de control del piano	64
Imatge 62. Tablet on es mostra la partitura i les tecles que toca l'usuari	66
Imatge 63. Sensors de pressió col·locats sota les tecles	66
Imatge 64. Connexió auriculars en piano elèctric	67
Imatge 65. Programa actual per compondre en piano	67
Imatge 66. Llistat de partitures de obres per descarregar	67
Imatge 67. Esquema de la disposició dels diferents elements interns en el piano	67
Imatge 68. Graus d'obertura de la tapa	68
Imatge 69. Suport convencional tapa	68
Imatge 70. Barra articulada en el piano	68
Imatge 71. Exemple de pulidora emprada en el tractament de la fusta del piano	71
Imatge 72. Laques i draps per l'acabat del piano	71
Imatge 73. Logotip	74
Imatge 74. Relació amplades del logotip	74
Imatge 75. Relació alçades del logotip	74
Imatge 76. Retícula del logotip	75
Imatge 77. Mostra de la tipografia Futura	75
Imatge 78. Negatiu del logotip	76
Imatge 79. Llegibilitat del logotip i del favicon	76
Imatge 80. Incorporació del logotip en el producte	77
Imatge 81. Exemples de targetes de contacte de l'empresa	77
Imatge 82. Magatzem d'anells	78
Imatge 83. Taula amb ponts	78
Imatge 84. Ponts	78
Imatge 85. Claviller	78
Imatge 86. Corretges d'afinació	79
Imatge 87. Cordes	79
Imatge 88. Bastidor	79
Imatge 89. Taula de materials utilitzats en el model D de Steinway & Sons i en Peugeot Pleyel Piano	80
Imatge 90. Gràfica de materials relació preu-densitat	81

Imatge 91. Gràfica on es mostren les principals avantatges del bambú, el material més biodegradable i el que menys petjada de CO2	82
Imatge 92. Diagrama fases acer, zona vermella és l'escollida	83
Imatge 93. Comparativa entre densitat i resistència a fatiga. L'acer té millor relació que els compòsits i les fustes, més econòmic que altres metalls	83
Imatge 94. Comparació metalls per al bastidor i cordes.....	83
Imatge 95. Taula de materials escollits per a cada component.....	84
Imatge 96. Característiques acústiques de diferents tipus de fustes	85
Imatge 97. Acondicionament dels anells un cop formats.....	86
Imatge 98. Gravat i tractament del bastidor.....	87
Imatge 99. Procés colada ferro fos en el motlle bastidor	87
Imatge 100. Ensamblament de la taula harmònica i els ponts amb la resta de la caixa harmònica per mitja de premses	87
Imatge 101. Cadena de montage d'una empresa fabricant de pianos	88
Imatge 102. Cost energètic, material i emissions per fabricar 1000 kg d'acer	89
Imatge 103. Resum gràfic del procés de reciclatge del acer.....	89
Imatge 104. Exemples de productes realitzats amb bambú processat	90
Imatge 105. Model del sensor 3886 de PPS i la datasheet	91
Imatge 106. Taula de processos escollits	92
Imatge 107. Taula del pressupost de la matèria prima	93
Imatge 108. Diferents tipus de despeses en la producció d'un piano de cua segons el llibre "US piano market"	94
Imatge 109. Organigrama costos enginyeria	94
Imatge 110. Organigrama costos industrialització.....	96
Imatge 111. La impressió 3D és un exemple de procés contemporani que ajuda a reduir costos	97
Imatge 112. Taules estudi de costos	102
Imatge 113. Layout de la planta de producció.....	102
Imatge 114. Relació resistència a flexió amb mòdul de flexió de diversos materials.....	104
Imatge 115. Resultat de la simulació d'esforços estructural	104
Imatge 116. Relació llargada corda – to de la nota.....	105
Imatge 117. Gràfiques relatives a les propietats de diferents tipus de fusta	121
Imatge 118. Adjust dels cargols de la placa	122
Imatge 119. Col·locació del mecanisme.....	122
Imatge 120. Regulació del teclat.....	123
Imatge 121. Facilitar pivotament de les tecles	123
Imatge 122. Encaix del teclat i els sensors	124
Imatge 123. Correcció trajectoria mecanismes	124
Imatge 124. Posició mecanisme respecte les cordes.....	125
Imatge 125. Ajust de la molla de repetició	125
Imatge 126. Anivellament de les tecles	125
Imatge 127. Col·locació de la barra de repòs.....	126
Imatge 128. Integració de les tecles.....	126
Imatge 129. Alineació dels amortidors	126
Imatge 130. Competències necessàries per la fabricació i reparació de pianos.....	127
Imatge 131. Competències requerides per l'afinació de pianos.....	127
Imatge 132. Cunyes de goma utilitzades per apagar la vibració de les cordes.....	129
Imatge 133. Instrument que fa rotar els pins del claviller per tensar les cordes.....	129

Imatge 134. Operacions del embalatge d'un piano de Steinway & Sons	130
Imatge 135. Plànol constructiu del model Fefco 425 i visualització 3D un cop muntada	131
Imatge 136. Cartró ACC i recoberta interior	131
Imatge 137. Piano subjectat per una grúa durant el translat d'aquest	132
Imatge 138. Impacte mediambiental del piano	134
Imatge 139. Gràfica impacte mediambiental 1.....	135
Imatge 140. Gràfica impacte mediambiental 2.....	135
Imatge 141. Gràfica impacte mediambiental 3.....	135
Imatge 142. Gràfica impacte mediambiental 4.....	136
Imatge 143. Gràfica impacte mediambiental 5.....	136
Imatge 144. Gràfica impacte mediambiental 6.....	137
Imatge 145. Gràfica impacte mediambiental 7.....	137
Imatge 146. Gràfica impacte mediambiental 8.....	138
Imatge 147. Taula resum del impacte mediambiental i recursos consumits	138
Imatge 148. Reciclatge de la fibra de carboni.....	140
Imatge 149. Gràfica impacte mediambiental 9.....	140
Imatge 150. Gràfica impacte mediambiental 10.....	141
Imatge 151. Render 1.....	142
Imatge 152. Render 3.....	143
Imatge 153. Render 2.....	143
Imatge 154. Render 5.....	144
Imatge 155. Render 4.....	144
Imatge 156. Render 7.....	145
Imatge 157. Render 6.....	145
Imatge 158. Render 9.....	146
Imatge 159. Render 8.....	146
Imatge 160. Render 11.....	147
Imatge 161. Render 10.....	147
Imatge 162. Vídeo de promoció del XXI Piano inclòs en documentació complementària	151
Imatge 163. XXI Piano packaging	152
Imatge 164. Panell promocional del producte.....	152
Imatge 165. Relació usuari-producte	153

Introducció

En aquest projecte es pretén donar una nova solució al que seria el piano convencional de corda, implicant tecnologia i mitjans contemporanis, el piano és instrument musical que està estrictament lligat a la història de la música clàssica, que per aquest motiu, les seves prestacions i estètica han residit impertorbables al llarg de segles, en altres paraules, és un producte on uns dels seus majors valors són el classicisme i el tradicionalisme, això es tradueix en que el piano de corda (igual que diferents instruments musicals per el motiu comentat) hagi quedat arcaic i retrògrad als ulls de la majoria de la població, i això fonamentalment, el que es vol aconseguir és canviar aquesta percepció i fer-lo més atractiu i accessible al usuari actual, aquesta motivació resideix en que jo mateix he sigut alumne de piano durant uns quants anys i he vist de primera mà els conflictes que apareixen a mesura que et vas familiaritzant amb aquest instrument.

Així doncs, partint del que podria ser una frase d'ús per definir inicialment el que ve a ésser el piano d'una forma universal seria: producte constituït de 88 tecles, cadascuna amb el seu respectiu mecanisme per impactar una sèrie de cordes dins d'una caixa de ressonància amb la finalitat de produir uns determinats sons. Per tant, aquesta és la premissa fonamental a l'hora de desenvolupar un piano (sempre tenint una nombrós recull de requeriments que s'aniran contemplat) serà el punt de partida per aconseguir els objectius d'aquest projecte.

Primerament, com s'ha comentat anteriorment, el que procura en aquest treball és dissenyar un nou concepte de piano que incorpori una sèrie de factors que l'integrin millor en el segle XXI, tocant aspectes com podrien ser l'estètica, la mecànica o la fabricació del propi. Mai oblidant, que significa el piano ja no només per els músics sinó el seu paper en la història de la música que en certa manera l'ha conduït a aquest immobilisme com a producte. Un cop tenint definides les premisses caldrà investigar l'estat de l'art, per ser conscients de com està el sector actualment, realitzar un treball de camp per conèixer de primera mà els factors implicats en l'ús del piano, per a continuació, fer propostes pel propi piano. Un cop estigui definit el disseny, cal encaminar la industrialització d'aquest, escollint els materials i processos de fabricació més òptims per a aquest tipus de piano. Seguidament, avaluar l'impacte mediambiental del producte i finalment, tractament de la comunicació/visualització del piano de cara a la comercialització o al usuari potencial de venda.

Paral·lelament, també es procurarà que el piano a desenvolupar resulti més econòmic i ecològic que els actuals, ja que es busca que aquesta proposta sigui un producte més atractiva que les opcions actuals, per tant, s'avaluaran nous processos de fabricació, geometries i materials que puguin reduir el cost tant monetari com energètic d'aquest producte sense alterar en excés la qualitat del so d'un piano acústic, que al final ve a ser el fruit primordial en aquest producte.

Resumint el que s'ha dit fins ara, l'objectiu principal d'aquest treball és projectar i desenvolupar un piano que mantingui el equilibri entre modernitat (per apropar-lo a un públic més ampli) i el classicisme conservador implícit en aquest producte (per no crear rebuig en els usuaris que fan ús del piano actualment).

"It is better to fail in originality than to succeed in imitation."

Herman Melville

Investigació: identificació i anàlisi del problema

Investigació 1. Fase de Disseny In-Out. Anàlisi del problema

En aquest bloc, no es pretén altre cosa que diagnosticar concretament la problemàtica/situació actual referent al producte a tractar i quines característiques implica en el seu ús per així començar a plasmar els primers patrons de disseny de forma pròpia.

Identificació del problema (VIP)

El major problema del piano resideix en la percepció que té el usuari aliè a aquest producte, és a dir, que no està familiaritzat amb aquest instrument, ja que com s'ha mencionat en la introducció, per la gran majoria, el piano es veu com quelcom antic i fins i tot arcaic, ja que l'estètica i les prestacions d'aquest han residit sent les mateixes des de fa segles.

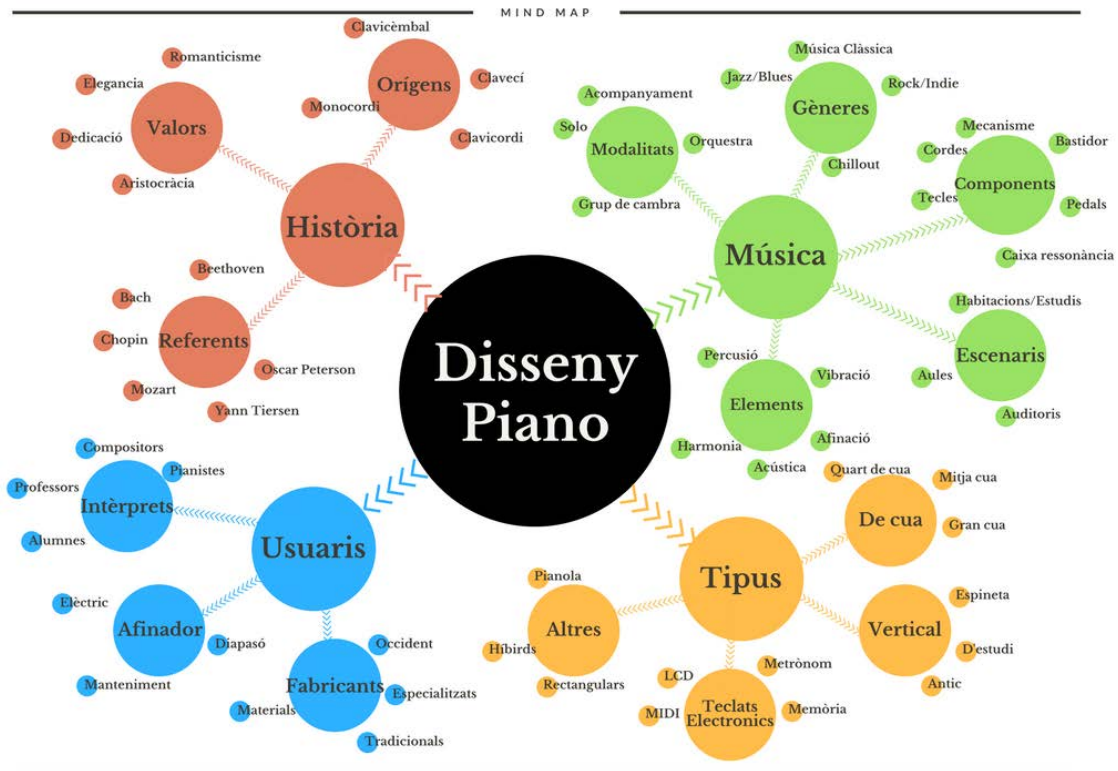
També cal esmentar, que un dels principals impediments pels quals un gran percentatge de la població no ha tingut ocasió de poder interactuar amb un piano és pel seu elevat preu de venda, i això ha comportat que el piano, històricament, sempre hagi estat vinculat a l'aristocràcia. Així que resumit lo dit fins ara, es tractaria que el preu i la percepció del producte limiten el nombre d'usuaris que accedeixen a interactuar amb aquest, ja sigui comprant-lo o fent classes en una escola de música.

Altrament, també es diagnostiquen una sèrie de problemàtiques per a aquells usuaris que fan ús més o menys regular d'aquest instrument:

- Quan el usuari està practicant en solitari, utilitzant les dues mans, i ha de canviar de pàgina, ja que la peça que està interpretant en té varies com és la majoria.
- Usuaris amb la mà petita els hi és complicat, realitzar segons quins compassos, ja que les notes (és a dir, tecles) poden estar força separades.
- El piano requereix un manteniment de neteja (treure la pols bàsicament) força regular i per altra banda, cal afinar-lo regularment que es tradueix en una despesa extra.
- Traslladar el piano d'un lloc a un altre, és una tasca realment difícil degut a la seva mida i pes.
- Aconseguir segons quina partitura pot resultar ser menys immediat del que es desitjaria (ja que per internet la majoria s'adquireixen amb un registre i pagant, i sinó cal anar a un punt de venda físic).
- És un dels instruments que cal més dedicació per aprendre a tocar i a vegades, aquest procés d'aprenentatge és pot fer dur.

MindMap (mapa mental)

S'adjunta imatge del MindMap elaborat manualment referent al piano i al que el rodeja (història, usuaris que intervenen amb aquest, tipus de pianos i la música en sí mateixa).



Aquest exercici serveix per descriure el camí que s'agafarà en aquest projecte dins d'aquesta teranyina d'informació i dades que es tenen en aquest moment, simplement el camí per concretar que farem i encara no, el com.

Així doncs, es decideix fer un piano acústic, de corda com es evident, integrant alguns elements potser més propis d'un teclat electrònic però que la integració sigui viable en un acústic. En referència a la disposició de les cordes, és a dir, de cua o vertical, s'anirà veient a mesura que es vagi esbossant les propostes, tot i que, es considera la possibilitat de que tinguin una orientació en diagonal. Això es perquè el que es pretén, és fer un piano que s'adapti d'una forma més òptima en qualsevol tipus d'entorn, però sobre tot a nivell domèstic (estudi o habitacions), fent que es pugui percebre com un escriptori, un element més dins del mobiliari de casa. Es procura buscar que tot i respectar el classicisme d'aquest instrument, no només representar la música clàssica sinó que la percepció d'aquest piano convidi a interpretar altres gèneres.

Brainstorming (pluja d'idees)

En aquest apartat es pretén reflectir de forma inicial idees que pugui traduir el que es vol canviar tant de la percepció/funcionalitat del piano, com del seu preu de fabricació, mecànica o estètica.

Millores en la funcionalitat del piano, integrar el producte en el segle XXI:

-Incorporar tauleta o llibre electrònic on s'hi mostressin i es poguessin descarregar les partitures de forma digital, així estalvies paper, temps per trobar segons quina partitura i per últim t'estalvies la problemàtica de passar la pàgina.

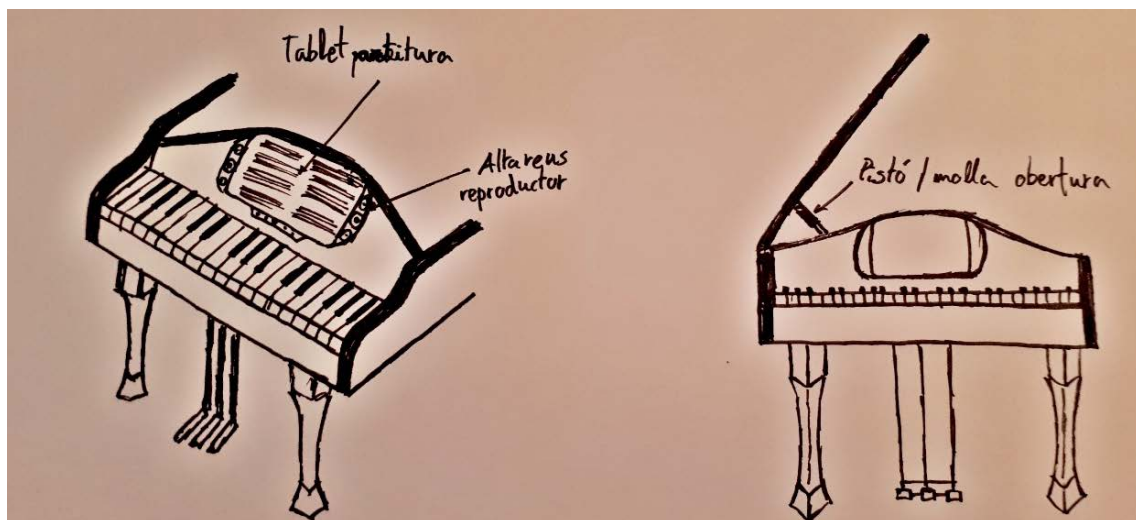
-Incorporar metrònom

-Reproductor MP3 per escoltar la peça que es vol interpretar, per tenir un model a seguir i així poder esbrinar d'una forma més fàcil quins errors està cometent el usuari al practicar.

-Utilitzar pistó de molla (estil maleter cotxe) per suportar el pes de la tapa superior del piano, perquè així sigui més còmode el manteniment d'aquest (quan s'hagi d'obrir i tancar la tapa).

-Vinculació amb altres aparells electrònics per descarregar obres i gravacions.

-Donar una certa corba al teclat per a què sigui més fàcil arribar a notes que estiguin força separades a la vegada, reduint dimensions d'amplada.



Imatge 2. Representació inicial d'alguns possibles elements a incloure

-Incorporar prestatgeria per guardar llibres/partitures.

-Representació gràfica de la música que s'interpreta en forma de ones en un monitor LCD per facilitar la composició d'obres.

Per altra banda, en quan al cost de fabricació, s'haurà d'examinar amb meticulositat els materials i processos a fabricació idonis per a reduir aquest cost mantenint la qualitat del so del piano i donar-li el valor afegit de promoure el eco-disseny en aquest producte:

-Variar gruix de les peces de fusta, aconseguir automatitzar la fabricació d'aquestes (processos no artesanal).

-Incloure nous materials més econòmics en components que no siguin fonamentals per la ressonància de les cordes: potes, tapa superior, part frontal, tecles, pedals,...

-Muntatge més simple (canviar disposició cordes o mecanisme), incloure patents/proveïdors externs per segons aquests materials

Seguidament, referent a l'estètica del piano:

-Deixar enrere el disseny classicista i buscar línies més contemporànies, agafant d'inspiració altres productes del mateix àmbit (instruments musicals) o referents de modernitat (concept cars o productes electrònics).

-Canviar disposició de les cordes, enlloc de vertical o horitzontal (de cua), en diagonal, per ha estalviar espai tant a l'alt com al llarg, pretendre que el piano quedi com un escriptori, quan no es faig servir integrat en l'entorn on es trobi, també aconseguint que tot el piano quedi a un mateix nivell d'altura, tecles i caixa de ressonància a la mateixa alçada.

-Modularitat, pretendre poder fer que el piano es pugui separar en diferents components per transportar-lo més fàcilment.

-Incloure el estil retro/vintage per no perdre la essència i valor històric del piano, mantenir els colors, textures acabats força semblants als actuals, podent-hi integrar algun toc més contemporani.

-Tenir en compte, que en certa manera, la estètica actual del piano estàndard s'ha convertit en atemporal, així que es podrà trencar de certa manera aplicant algun concepte innovador (cas Wave en el iMac G3).

- Buscar transparència, que es pogués veure el moviment del mecanisme/martell al colpejar la corda.

Per últim, manteniment, reciclatge o eliminació del piano:

-Fàcil accés a la caixa de ressonància.

-Utilitzar materials que siguin més òptims de cara al reciclatge d'aquest.

-Fer servir mitjans de unió que no tinguin gaire pèrdua, ja que menys les potes, és un producte que no haurà de suportar grans tensions.

-Fàcilment separable de cara a l'extracció de segons quin component defectuós.

Storyboard basat en el problema o necessitat

En aquest storyboard es reflecteix d'una forma gràfica la sèrie de conflicte o impediments que hi ha entorn aquest el piano i el seu cicle de vida.

Primerament, es tracta de quelcom que la majoria de la societat actual el concep com passat de moda o antiquat. Altrament, el preu d'aquest és excessiu per molts usuaris. Seguidament, la gran dificultat que té manipular o transportar aquest producte, ja que no està dissenyat per això, el seu pes i dimensions són complicacions a l'hora de moure'l. A continuació, la mencionada dificultat que té el seu ús, en altres paraules, saber tocar peces musicals i la gran dedicació que se l'hi ha de donar per fer-ho de forma òptima. Per últim, quan no es fa servir, passa a ser un volum inert que no té cap funció.

El cas es coneix de primer persona, i també, per tercers propers que han tingut una situació molt semblant. Això es tradueix en que cada cop es venen menys pianos, sobretot acústics.



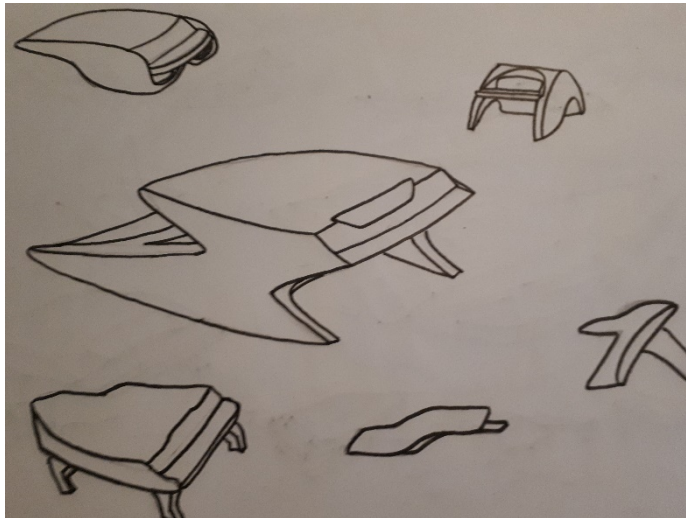
Imatge 4. Storyboard de la problemàtica

Acoustic pianos: Sales to U.S. retail dealers, 1975-98
(units)

Year	Quantity	Year	Quantity
1975	208,429	1987	169,100
1976	237,092	1988	141,697
1977	247,446	1989	126,317
1978	262,920	1990	111,928
1979	255,039	1991	106,941
1980	212,849	1992	102,882
1981	209,876	1993	99,721
1982	191,319	1994	98,778
1983	187,965	1995	98,229
1984	174,341	1996	84,356
1985	147,487	1997	94,709
1986	163,100	1998	106,759

Note.—Includes sales of domestically produced and imported pianos.

Disseny d'esbossos bàsics inicials



Conjunt de propostes volumètriques amb varis referents per a l'estètica exterior, una primera idea de que es pretén que el piano no hagi de tenir la forma convencional, però si respectant la forma de la caixa de ressonància.

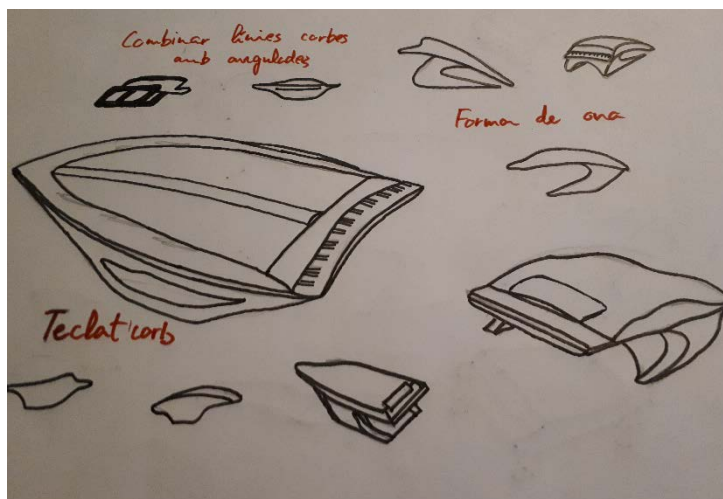
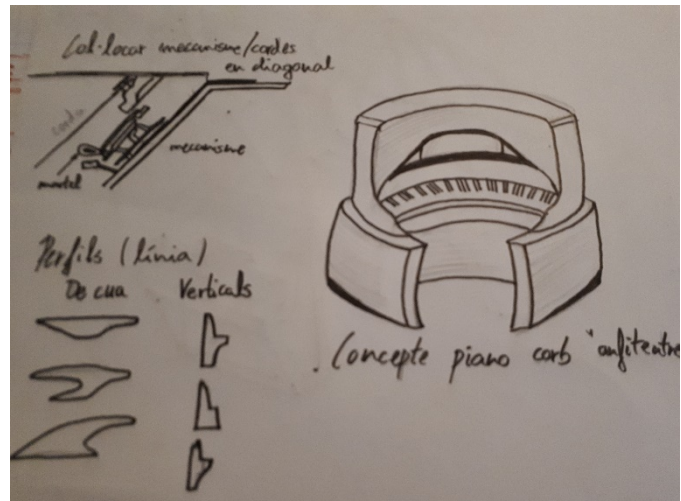
Línies més modernes, que tinguin més a veure amb exercicis arquitectònics o productes més contemporanis

Imatge 6. Sketch 1

Col·locar el mecanisme i les cordes en diagonal, per a què la caixa de ressonància tingui una altre disposició, optimitzant espai en vertical i horitzontal, fent que es pugui adaptar millor en espais petits.

Teclat corb per a què, s'abasteixi més notes amb una sola mà, pensat per a persones amb la mà petita.

Imatge 7. Sketch 2



El concepte de ona, quelcom potent i a la vegada fluid s'inclina molt pel que representa el piano i la música, i això es vol integrar en la seva forma exterior i línia lateral.

Imatge 8. Sketch 3

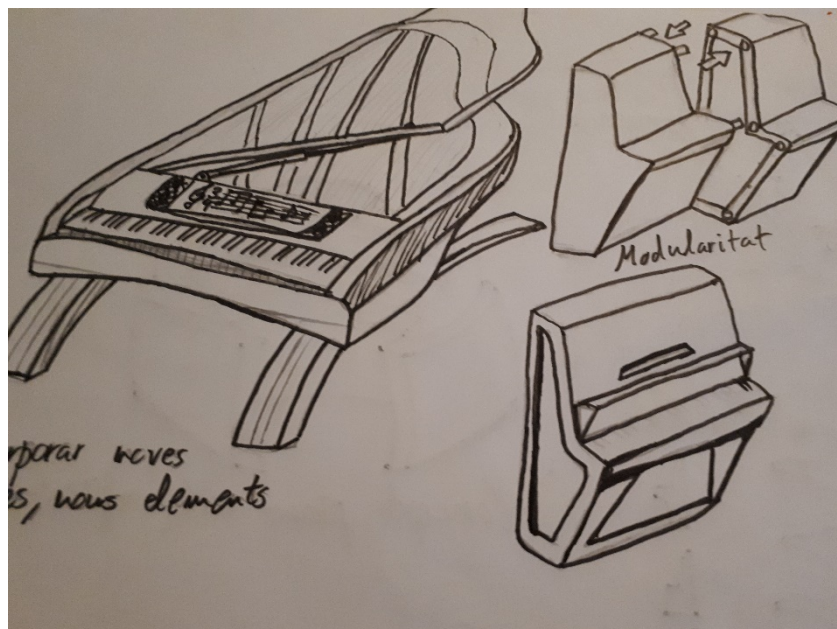


Conclusions Investigació Fase 1

Tenint en ment, les premisses mencionades que es volen aplicar per redissenyar el piano en la identificació del problema, (la percepció del producte, el seu preu o fins i tot, la seva usabilitat) introduint-hi d'una forma més gràfica el coneixement actual que és té sobre el camp a tractar mitjançant el mindmap i el storyboard, podem descriure/conceptualitzar una sèrie de solucions inicials en forma d'esbossos que ens permet visualitzar el que es pretén fer en aquest projecte, que és intentar incloure mitjans tecnològics contemporanis en quelcom tant clàssic com és el piano, això sí, al acabar aquest apartat hi ha un gran desconeixement del que envolta al producte, en altres paraules, el mercat i més rellevant, el usuari.

Per tant, en aquesta secció s'ha tractat d'analitzar concretament les problemàtiques que apareixen al llarg del cicle de vida d'aquest producte i quins patrons es poden anar seguint per a la resolució d'aquestes, i com ja es pretenia, incorporant mitjans tecnològics actuals i aplicant-hi una re-conceptualització de l'estètica sempre tenint en compte, el disseny i paràmetres que hi ha en el piano estàndard, es va veient que el producte es pot apropar més a un nou grup d'usuaris que ara el veuen antiquat o passat de moda.

En conclusió, ara cal saber que pensen els usuaris que interactuen amb aquest producte d'una forma significativa (estudiants, professors, afiladors, professionals,...) per veure fins a quin serien vàlides aquestes idees que s'han tingut fins ara, ja que com es comenta un excessiu canvi en la percepció visual i funcional del piano comportaria el rebuig dels usuaris més classicistes i fins i tot, podria comportar una pèrdua de la qualitat del so d'aquest. Tanmateix, per a poder captar nous usuaris el que també s'haurà de saber veure és que usuaris aliens al món del piano, els atrauria més aquest instrument incloent millores com les proposades fins ara, o s'haurien de buscar de noves.



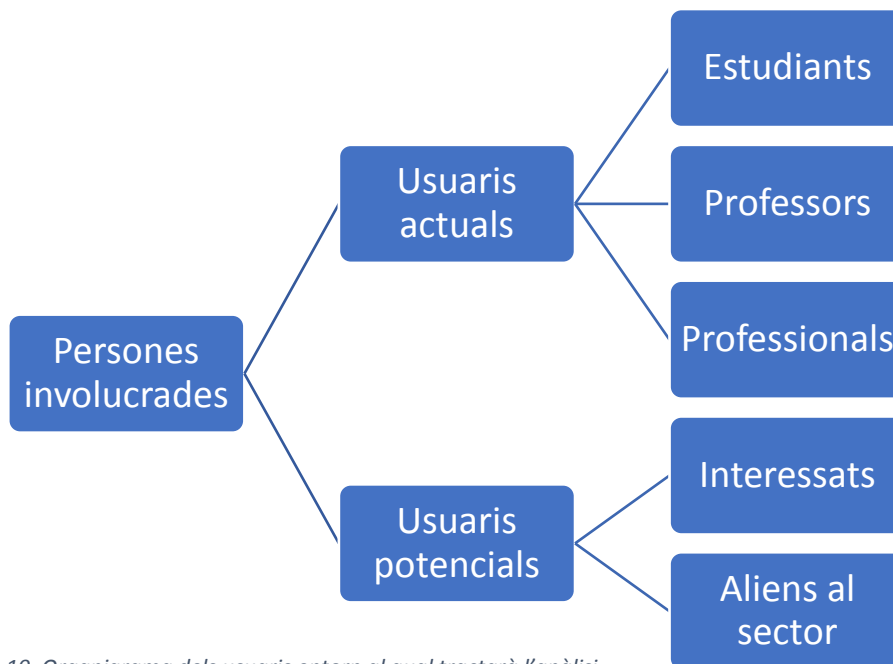
Imatge 9. Sketch 4

Investigació 2. Fase de Disseny Out-In. Anàlisi del Existent

A continuació, s'estudia de forma analítica les solucions actuals del producte, com està distribuït el mercat i el diferents tipus d'usuari que interactuen amb el piano.

Estudi de necessitats del usuari

Fins el moment, es poden diferenciar dos grups principals de persones a tractar, el propi usuari del piano, és a dir, el que pràctica música amb aquest, on dins d'aquest grup hi hauria per ordre de hores de interacció: estudiants, professors i professionals. Cal fer un incís, els afiladors es poden col·locar dins del subgrup de professionals ja que la seva tasca és molt específica i requereix d'uns certs coneixements sobre el instrument. Per altra banda, trobem el grup de gent que potser en alguna ocasió ha tocat el piano però no en fa un ús regular per algun dels motius comentats (preu, major atracció per altres instruments, dificultat,...), caldria diferenciar entre els que es sentirien interessats en poder practicar amb major freqüència i els que d'entrada ja no es senten atrets pel piano, però que podrien canviar d'idea amb aquesta re-conceptualització, cal encabir aquells usuaris que potser no tindrien el piano per tocar-lo sinó com a un moble més de casa pel seu valor artístic, per exemple.



Imatge 10. Organigrama dels usuaris entorn al qual tractarà l'anàlisi

Estudiants: 1.30h d'ús al dia (cas òptim)

Professor: estan en continua interacció durant la seva jornada laboral

Professionals: unes 8h al dia

Enquestes-Entrevistes

Per a conèixer cada grup de usuaris es realitzarà una entrevista amb preguntes semblants a una persona cada grup:

- Preguntes comunes:
 - Quin vincle té amb el piano?
 - Com descriuries el piano? Que et fa percebre o et transmet?
 - Per què el piano actual és tan semblant al de fa 200 anys?
 - Creus que s'ha de canviar quelcom del piano estàndard? Es podria canviar l'estètica?
 - Quina opinió tens respecte a incorporar algun component com podria ser una "tablet" on representar-hi les partitures?
 - Consideres complicat l'ús o procés d'aprenentatge d'aquest producte? Per què?
 - Dels generes interpretables amb el piano quin l'hi agrada més?
 - Expliqui'm que es lo que veu més atractiu del piano i lo que fa que no el practiqui o que ho faci amb major freqüència.
- Preguntes per a estudiants/professors/músics:
 - Que sent quan toca el piano?
 - Amb quina regularitat practica el piano?
 - Per quin motiu va començar a tocar el piano?
 - Quins han sigut els majors impediments per practicar?
 - Quan vol interpretar un determinada peça, de quina forma aconsegueix les partitures pertinents?
 - Si s'anés a viure un altre lloc li agradaria endur-se el seu piano o se'n compraria un altre?
 - Expliqui'm com veuria una lleugera pèrdua de qualitat de so, baixant el preu de fabricació del piano.
- Preguntes per a usuaris potencials:
 - Amb quin tipus de persona relaciona el piano?
 - Creu vostè que el piano és un producte d'una altra època?
 - Per quin o quins motius considera que instruments com la guitarra poden ser més populars entre els joves que el piano?
 - Creu que el seu preu és excessiu per la funció que fa?
 - Compari aquests dos pianos i digui quin li agrada més i per què?



Imatge 12. Piano clàssic Imatge 11. Piano futurista (Peugeot Pleyel Piano)

Observar. Estudi etnogràfic

Per a conèixer de forma exhaustiva el meticulós ritual previ a la interpretació musical per mitjà del piano, i també, quin és el correcte desenvolupament de la pròpia interpretació, s'atendrà a una audició a l'Escola i conservatori Montse Mestre de Vilanova i la Geltrú.



Imatge 13. Façana de l'escola de música Montse Mestre de Vilanova



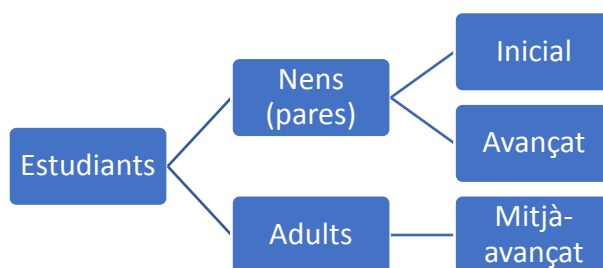
Imatge 14. Audició de piano a la sala polivalent de l'escola

El procés d'ús

d'aquest instrument, s'inicia quan el usuari s'assenta a la banqueta de forma adequada i ajustant l'altura d'aquesta a la seva conveniència i col·loca les partitures en el petit faristol integrat en el mateix piano, prèviament a la interpretació, el usuari realitza un petit escalfament sobretot a nivell articular (canell, espatlla i cervicals). El pas següent, ja és l'anomenat escalfament de dits on el usuari realitza octaves, és a dir, tocar les vuit notes musicals, majoritàriament de Do a Do, escales majors o exercicis de sincronització entre les dues mans.

Un cop, realitzada aquesta rutina, el usuari tracta de relaxar-se i concentrar-se el major possible per a poder començar el concert, un cop ja iniciada la peça a interpretar, silenci majúscul. A menys que l'interpret toqui de memòria, aquest ha de anar mirant de forma alternada la partitura (per llegir el que ha de tocar) i el teclat (per comprovar que col·loca correctament els dits).

Com s'ha decretat, hi ha diverses atmosferes per a la pràctica del piano, en funció del nivell del intèrpret que també serà clau en quin tipus de piano toca, els usuaris més professionals que toquen en escenaris d'auditoris fan ús d'un piano de cua (cordes més llargues, millor sonoritat), mentre que els usuaris que s'inicien majoritàriament fan ús d'un teclat, ja que tot i no tenir la qualitat de so d'un acústic, és molt més econòmic. Dins l'àmbit acadèmic:



Imatge 15. Organigrama del nivell segons el tipus d'estudiant

Còmic on es mostren les diferents etapes durant l'ús del producte: regular alçada banqueteta, tenir posició correcta (90 graus en colzes i genolls), escalfament articular (rotació canell), realització d'octaves (de Do a Do) per agafar agilitat als dits i finalment, la interpretació.

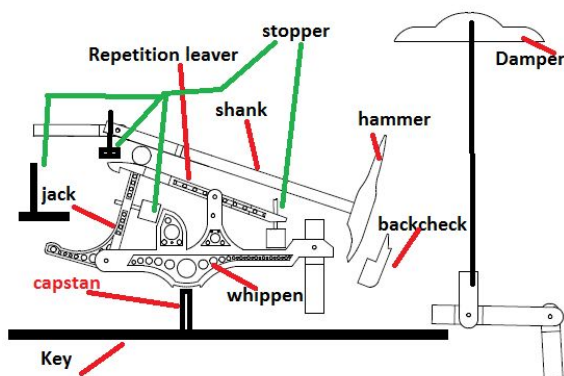


Imatge 16. Storyboard de l'ús del producte

Patents, mercat i empreses. Idees i conceptes:

Primerament caldria aclarir que la proposta de piano a desenvolupar inclou una sèrie components ja existents en el mercat, que farien més viable la producció, ja que hi ha dins del piano hi ha components força complexes, i els qui hi ha en el mercat ja estan molt elaborats i perfeccionats, així que no convindria intentar competir en segons quin camp on el desconeixement és massa transcendent.

El cas més representatiu del que s'ha comentat fins ara seria el tema del mecanisme que té la funció de colpejar la corda quan es polsa una determinada tecla. Es tracta d'un sistema mecànic força complex format per un total de uns 10 elements on la majoria d'enllaços són simples (revolució o lleva), amb un sol grau de llibertat la rotació en un sol pla del martellet.



Imatge 17. Esquema del mecanisme encarregat de colpejar la corda corresponent

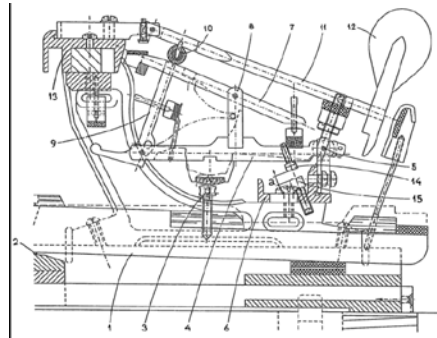
És més, aquesta solució, de comprar el mecanisme a marques especialitzades la duen a terme molts fabricants de piano, en el nostre cas, com fent memòria és aplicar tecnologies actual, s'ha buscat un mecanisme que no sigui el clàssic de fusta, sinó un on s'apliquin premisses de disseny més contemporani amb nous materials per una fabricació més econòmica. Així que es considera, que la opció més vàlida és el mecanisme de la empresa WNG (Wessel, Nickel & Gross).



Imatge 18. Mecanisme accionador de WNG

La descripció d'aquest mecanisme (materials, preu, ...) es realitzarà en l'apartat d'industrialització

Així doncs, aquí tindríem la patent del mecanisme convencional de la majoria de pianos que hi ha en l'actualitat, amb algunes lleugeres modificacions, ja que la mencionada patent és de 1906, aquest mecanisme concretament és per a pianos de cua:

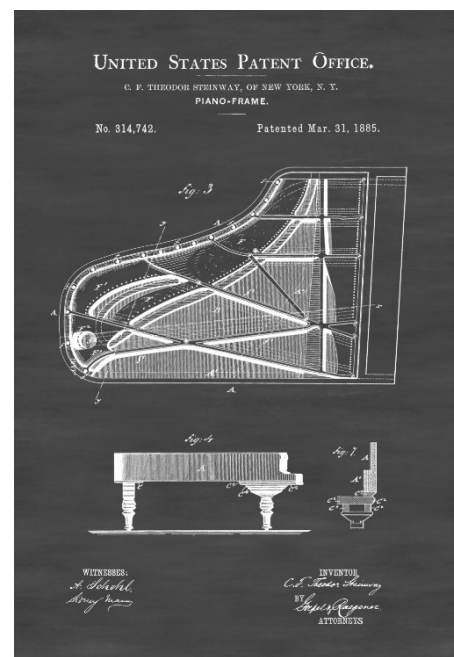
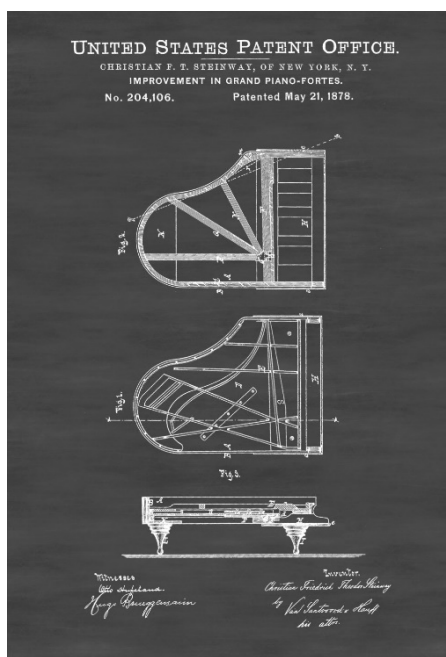


Imatge 19. Patent US7342159 Grand Piano action

Una altra patent a tenir en compte, serà el de la banqueta que les més actuals, igual que les cadires d'oficina, tenen regulador d'alçada: Banqueta para piano con regulación automática en altura (WO 2012168526 A1 <http://www.google.st/patents/WO2012168526A1?cl=es>).

En un altre ordre de coses, està clar que l'estètica de la banqueta ha de tenir una certa coherència amb la del piano, així que el disseny de aquesta haurà de ser propi, però la estructura interna de regulació d'altura haurà de ser diferent a la que és descrita en l'enllaç.

Afegint, a nivell més anecdòtic i curiós, incloure la primera patent registrada d'un piano de cua, per part dels fabricants americans Steinway & Sons al 1878, on es veu les mesures volumètriques del piano modern d'una forma més pautaada i apreciar com està format internament, per fer una primera idea estructural d'aquest.



Imatge 20. Patent de piano de cua per Steinway & Sons de finals del s. XIX

I per últim, tractar el ressonador per tensió o l'aranya, és un component inclòs únicament en els piano de la fàbrica Mason & Hamlin des de 1902, ja que tenen ells la patent. L'aranya és una peça d'acer que es situa sota la taula de ressonància i va unit al bastidor del piano que el rodeja, la funció del ressonador per tensió tracta de mantenir la concavitat de la taula harmònica (corona) al llarg dels anys, ja que, el que fa que el so d'un piano tingui potència i perduri durant uns segons, és la taula harmònica i en concret, aquesta concavitat imprescindible que se l'hi dona, ja que així es produeix l'eco necessari a partir de la vibració de la corda. Per tant, seria un component interessant d'incloure en qualsevol piano.

No obstant, tots els altres pianos de les demes companyies no fan servir aquesta peça d'acer, segurament comptant amb que no els surt a compte pagar la patent pels efectes que té en la sonoritat al llarg del temps, i prefereixen, invertir en mantenir la concavitat de la taula harmònica tractant aquesta mateixa, augmentar la seva rigidesa durant el pas del temps mitjançant tractaments en la pròpia taula.

Així doncs, en aquest projecte es descarta la possibilitat d'incloure l'aranya, pel fet del preu de la patent, tanmateix un cop expiri, seria convenient replantejar la incorporació d'aquest component, ja que la seva funcionalitat ha quedat contrastada en els pianos de la casa Mason & Hamlin de fa més d'un segle, aquests tenen una qualitat sonora semblant a la de altres pianos fabricats fa menys de 50 anys.

*Imatge 21. El resonador per tensió i la seva posició dins del piano*

Estudi i anàlisi de referents

En aquest apartat, que seria la busca i enteniment de referents, no només buscarem productes amb una funció principal semblant o també incloure, diferent a la que té el piano que ens puguin servir d'inspiració per a complir una funció secundària (estètica, ergonòmica, funcional,...) sinó també la construcció d'un Moodboard, que serveix per definir en que estarà inspirat el producte d'una forma més gràfica.

I per altra banda, a l'hora de conèixer els precedents i productes actuals en el mercat, s'aprofitarà per investigar una mica sobre la història d'aquest producte, ja que com s'ha comentat és realment rellevant en el que serà el disseny emocional de la proposta de piano a desenvolupar.

Així doncs, inicialment, es fa una recerca sobre productes que ens poden ajudar a re-conceptualitzar el piano estàndard actual per adaptar-lo al món contemporani, tot i com s'ha dit anteriorment, no haig d'estar estrictament lligats.



Teclat Kronos Music Workstation

Companyia: Korg

Descripció: teclat electrònic de 88 tecles d'alta gamma, amb connexió USB i MIDI, integra monitor LCD de 8 polzades per una millor interacció amb l'usuari

Preu: 4000 €

Imatge 22. Teclat Kronos music Workstation

<http://www.korg.com/us/products/synthesizers/kronos2/>

Aquest producte és a dia d'avui una de les millors combinacions de electrònica i acústica en el àmbit del piano, juntament amb les prestacions mencionades, caldria incloure que té una memòria per a unes 200 cançons i una gran varietat sons registrats per reproduir, una de les parts més interessants que té aquest teclat a part de la pantalla i la connexió USB, és que a l'hora de simular el so del piano acústic, també es simula el pes del martell i l'acció del Damper (amortidor), així el polsament de les tecles és molt semblat al d'un piano acústic.

Afegir que tot això, s'integra en un disseny compacte i elegant, que es podria perfectament substituir per un teclat normal de piano estàndard.



Violí elèctric HBV 840BK 4/4

Companyia: Harley Benton

Descripció: violí electroacústic, transmet la vibració de les cordes al ser fregades per l'arquet en forma de senyal elèctrica i per ser reproduïdes per un amplificador, ja que no té caixa de ressonància.

Preu: 148 €

Imatge 23. Violí elèctric HBV 840BK 4/4
<http://theharleybentonclub.proboards.com/>

Tot i que a dia d'avui, encara es consideri un instrument experimental, degut a que el so és significativament diferent al d'un acústic, el disseny minimalista i supressió de la caixa de ressonància, fan que el preu baixi notablement comparat amb un violí acústic normal, mantenint una qualitat de so òptima. Es considera ser el començament del mateix que va passar amb les guitarres, és a dir, que arribi un dia que sigui igual de normal veure un violí elèctric que una guitarra elèctrica.



Tocadiscos MAG-LEV

Companyia: Mag Lev Audio

Descripció: reproductor de discos de vinil amb la particularitat de que el disc levita sobre la plataforma de control, mitjançant magnetisme.

Preu: encara no està a la venda

Imatge 24. Tocadiscos MAG-LEV
maglevaudio.com

Aquest seria un bon exemple, de combinació de classicisme (discos de vinil originaris a finals del segle XIX) i tecnologia (levitació magnètica). No només això, sinó que igual que en aquest projecte es persegueix mantenir la qualitat de lo analògic en front de lo digital, i aquest toca discos implica millores per a què així sigui, com per exemple, que al acabar la cançó el braç del tocadiscos s'aixeca automàticament.



Televisor QLED Curved LCD

Companyia: LG

Descripció: monitor LCD de 65 polsades corb amb tecnologia 4K ultra HD, Smart TV i wi-fi integrat.

Preu: 1800 €

Imatge 25. TV QLED Curved de LG
<http://www.lg.com/es/oled-tv>

Tot i que, ja es un producte que tingui poc a veure funcionalment parlant, amb lo que seria un piano, s'escull com a referent ja que aquesta televisió en concret, és la màxima expressió del que pot arribar a canviar un mateix producte en un segle. En general, els productes electrònics sempre en sigut els pioners en integrar tecnologia a l'hora de ser posats a la venda, és clar que la proposta de piano no va per aquí, però sí que igual caldria una certa renovació, ja no només a nivell tecnològic sinó conceptual. Per exemple, s'ha escollit aquest monitor en concret, per les evolucions conceptuals del que és un televisor, la pantalla corba que sempre ha sigut recte, tenir en compte els 360 graus de visió del producte, ja que per darrere, monitor tot queda sota una superfície metàl·lica polida o que tots els cables queden sota guardats dins del propi suport i per últim, que s'elimina tot lo que es prescindible: botons, marc,...



Imatge 26. Lamborghini Miura
<https://www.lamborghini.com>

Lamborghini Miura Concept i Lamborghini Miura

Companyia: Lamborghini juntament amb Bertone Design

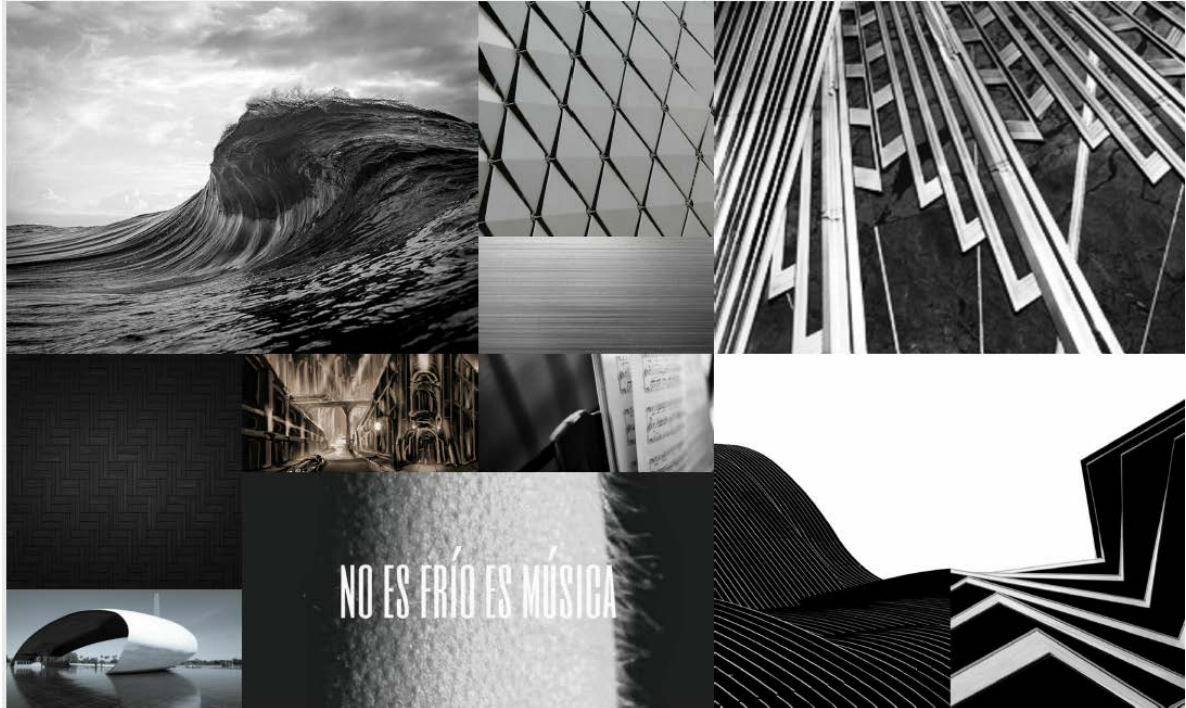
Descripció: cotxe superesportiu italià coupé amb motor V12, a sota el original (1966-1972) que va canviar totes les premisses del que venia ser un esportiu; per les seves característiques tècniques y estètiques. A dalt, el Miura Concept (2006), re-disseny en commemoració del 60è

aniversari de l'aparició d'aquest esportiu.

Ja finalment en aquesta llista de referents, quelcom que no té res a veure amb un piano, però sí amb la idea d'aquest projecte. El Miura es considera com el pare del superesportius moderns i un dels cotxes més bells fabricats en la història de la automoció i on també, es va fer una passa endavant a nivell tècnic tant en el motor (V12 central) i carrosseria d'acer i alumini, prestacions que fins llavors només eren presents en el món de la competició. Seixanta anys després d'aquest èxit, es disseny el Miura Concept com a homenatge al Miura, adaptant les

representatives línies i potència mecànica d'aquest al món contemporani, com a resultat, una proposta d'un clàssic pioner adaptat al món contemporani en forma de superesportiu.

Moodboard



Imatge 27. Moodboard inspiratiu

En aquest moodboard, s'expressen conceptes representatius sobre la forma i estètica del piano (onada i la combinació de corbes i línies angulades), tot i que, les influències a l'hora de definir l'aparença exterior del piano vindrà donada per altres factors estudiats (altres pianos o referents tractats).

La sensació a transmetre amb el missatge "no es frío es música" i la pell de gallina, el concepte central d'on tot gira que es la música, la lectura de la partitura. Per altre banda, materials i textures de cara al color i acabats superficials.

I per últim, un possible vincle de classicisme i modernisme, que seria l'art deco que sempre ha estat relacionat amb la burgesia, on des del punt de vista d'un servidor van confluïr de manera molt adequada el jazz i la música clàssica i va ser el sumit de les avantguardes fins la segona guerra mundial. La nostàlgia retro i en contraposició, les corrents de les avantguardes, concretament el futurisme, donen un pivot on sustentar l'estètica, la component gràfica del piano o percepció d'aquest en vista a la comercialització.

Estudi i anàlisi de solucions existents

En aquest apartat, es representaran els diferents tipus de pianos acústics que hi ha actualment en el mercat, tant de cua com verticals i les diferents marques qui hi ha a dia d'avui.



Piano V-125

Companyia: Steinway & Sons (Estats Units)

Descripció: piano vertical, fet artesanalment, d'alta gama amb una qualitat sonora elevada i una bona durabilitat, dirigit tant a professionals com principiants.

Dimensions/pes: 125x152,5x67,5 cm / 267 kg

Preu: 34.130 €



Piano K-300

Companyia: Kawai (Japó)

Descripció: piano vertical que ha sigut valorat com piano del any quatre anys consecutius, per la implementació de nous materials i la seva relació qualitat/preu.

Dimensions / pes: 122x149x61 cm / 227 kg

Preu: 5.440 €



Piano P 116M

Companyia: Yamaha (Japó)

Descripció: piano petit però amb una gran qualitat de so respecte altres pianos que tenen la mateixa mida.

Dimensions / pes: 116x147x58 cm / 213 kg

Preu: 6.333 €

Piano Model A

Companyia: Blüthner (Alemanya)

Descripció: piano d'alta gamma, materials de primera qualitat que proporcionen una afinació i durabilitat perdurable.

Dimensions / pes: 124x151x62 cm / 240 kg

Preu: 19.111 €



Piano Concept 6

Companyia: Seiler (Alemanya)

Descripció: un nou disseny que impressiona amb un llenguatge de forma extravagant, combinat amb una puntuació musical i ressonador de so, així com amb la nova pintura de ceràmica.

Preu: 10.300 €



Piano D-274

Companyia: Steinway & Sons (Estats Units)

Descripció: piano present en més del 90% d'escenaris de tot el món, treball artesanal, potencia i qualitat sonora i materials de primera classe. Premium

Dimensions / pes: 157x274 cm / 500 kg

Preu: més de 100.000 €



Piano Modelo F-183

Companyia: Fazioli (Italia)

Descripció: piano mitja cua, òptima potència de so per la seves dimensions, estètica molt ben tractada i al gust del consumidor pot escollir els acabats i components secundaris

Dimensions / pes: 98x152x183 cm / 340 kg

Preu: 60.000 € (segona mà)

Piano CX3

Companyia: Yamaha

Descripció: piano de mitja cua estàndard, utilitzat sobretot en centres d'ensenyament i conservatoris petits, bona relació qualitat-preu

Dimensions / pes: 101x149x186 cm / 320 kg

Preu: 19.500 €



Piano Peugeot

Companyia: Pleyel & DesignLAB Peugeot (França)

Descripció: piano ultramodern, nova estètica, nous materials, mecanisme intern millorat, línia a seguir per el desenvolupament d'aquest treball.

Dimensions / pes: 83x168x241 cm / 614 kg

Preu: no està a la venda

Empreses més importants del sector

En aquest punt, es posa en coneixement quins serien els possibles competidors, és a dir les companyies més ben assentades en el mercat del piano acústic i com estan disposades en un mapa de posicionament en funció del preu/prestigi i la qualitat/presència en escenaris:

Steinway & Sons (EEUU) amb més de 160 anys d'experiència és una companyia referent que ha marcat una fita en la construcció de pianos de cua i verticals amb els majors estàndards de qualitat. Amb el desenvolupament de més de 125 patents, la companyia és considerada la pionera en la construcció de pianos moderns. Cada piano de cua Steinway és una peça única feta a mà amb els millors materials existents.

Des de fa moltes dècades Steinway & Sons està vinculat a artistes de tots gèneres musicals com la música clàssica, de jazz o pop. Siguin pianistes de música clàssica com Martha Argerich, Daniel Barenboim o Lang Lang, estrelles de jazz com Keith Jarrett, Diana Krall o Brad Mehldau o icones de Pop com Billy Joel, Gianna Nannini o Rufus Wainwright o grandeses inoblidables com Irving Berlin, Sergei Rachmaninoff o Arthur Rubinstein - més que 1.800 pianistes, els anomenats Steinway Artists, professen Steinway.

Kawai Musical Instruments Manufacturing Co., Ltd és una empresa de fabricació d'instruments musicals amb seu a Hamamatsu, Shizuoka, Japó. És més conegut pels seus pianos de cua, pianos verticals, teclats electrònics i sintetitzadors electrònics. L'empresa va ser fundada l'agost de 1927.

Avui dia, la Kawai Musical Instrument Manufacturing Company distribueix pianos acústics i digitals a més de 80 països. És una de les companyies d'instruments musicals més cèlebres del món, que ha rebut més de 43 premis internacionals a l'excel·lència en els últims 17 anys. I als Estats Units, el piano de K-3 Professional Upright de Kawai va ser anomenat "Piano acústic de l'any" per a un rècord de quatre anys consecutius en NAMM. Kawai ocupa la segona major part de les vendes de piano del món.

Yamaha Corporation és una companyia japonesa fundada al 1887 que ofereix una gran gama de productes i serveis des de instruments musicals, motos a dispositius electrònics. Però com és lògic, ens centrarem en la secció de instruments musicals.

Es tracta d'un dels fabricants no europeus de pianos amb més experiència, ja que al 1897 van treure al mercat el seu primer teclat i al 1900, el primer piano. A mitjans dels anys 50, van crear la secció Yamaha Music Foundation amb la finalitat de construir escoles, certàmens i exàminacions arreu d'Àsia. Tenen pianos de tota gama, per començar el teu aprenentatge o per dedicar-s'hi professionalment.

Petrof és una companyia de la República Txeca fundada al 1864, és la fàbrica més gran de pianos acústics a Europa, exportant a un total de 65 països. Fabrica diverses gammes però és famós per fabricar també peces per a altres marques.

Cal tenir en compte que avui dia moltes peces dels pianos es fabriquen a la Xina, una altra cosa és el que l'acoblament es produeixi en un altre país. La veritat és que totes aquestes marques tenen nombroses sèries de productes i pot haver-hi molta diferència d'una a una altra. Amb el que no és fàcil jutjar a una marca sense fer una ullada a tot el seu catàleg. Cal mencionar que aquesta marca és sobretot popular entre músics professionals i no tant, en el sector de l'ensenyament i principiants.

Fazioli Pianoforti és una empresa fabricant de pianos fundada el 1981 per Paolo Fazioli, La fàbrica es troba Pordenone, Itàlia, en una zona que gaudeix d'una antiga i prestigiosa tradició en el art de l'elaboració de la fusta. Els seus pianos constitueixen en l'actualitat els més exclusius i cars del món, el que es deu als seus avançats dissenys i a l'exclusiva tecnologia aplicada en els seus fabricacions.

Només es fan pianos de cua i de concert, juntament amb pianos de marqueteria i de disseny totalment a mà. Té una producció molt limitada, al voltant de les 100 unitats anuals. La marca també ostenta ser el constructor de pianos que fabrica el gran cua de concert més gran del món, el F308, amb els seus 308 cm de longitud. A més, la companyia té a disposició dels seus clients una gran varietat d'acabats i models ART CASI, personalitzables fins al més petit detall, fent de cada piano una obra d'art única al món.

Qualitat/
presència

BECHSTEIN STEINWAY & SONS

PETROF[®]
PIANOS SINCE 1864

YAMAHA

KAWAI
THE FUTURE OF THE PIANO

FAZIOLI

PEARL RIVER
Pearl River

Dos grans blocs: asiàtics (buscar relació qualitat preu no concerts) i europeus/EEUU (Premium)

Segons el país, també varia el so (Alemanya → potent, Itàlia → polifònic, Japó → lleuger)

Orígens i evolució del piano

-El nom de piano ve de la paraula “piano forte” (veu suau amb força), és a dir que pot interpretar qualsevol timbre amb una baixa o alta intensitat.

-Els antecessors principal del piano són el clavicordi (bon registre però la intensitat era massa reduïda, no es podien fer concerts) i el clavecí (so potent però poc fi i distingible).

-Bartolomeo Cristofori, fabricant de claves, al 1709 crea el primer piano combinant les virtuts d'aquests dos instrument, creant el mecanisme de percussió de les cordes per mitjà de martellet.

-No va ser fins al 1723 aproximadament, quan es va començar a considerar el piano com a instrument per a concerts i a escriure música especificada per a aquest instrument.

-A finals del segle XVIII, al aparèixer nous fabricants, es milloraven els mecanismes i s'optimitzen les mesures del piano per a què tingui un so més precís i potent.

-Les implementacions com ara incloure més octaves, disposició de les cordes, incorporació de nous components i materials, etcètera, va culminar al 1855 amb la patent de Steinway & Sons que s'ha mencionat anteriorment del que seria el piano modern de cua.

Es pot afirmar que el piano ha canviat no només la música sinó la cultura occidental des de llavors, juntament amb referents llegendaris com Mozart, Beethoven o Chopin, que han contribuït a que sigui un producte reconegut com el millor instrument musical. S'ha de fer menció al gran valor sentimental i emocional que desperta per la seva funcionalitat però també l'estètica juga un paper clau en el piano com a tal.



Definició del producte

El piano acústic és segurament el més conegut i estimat de tots els instruments musicals. També té el registre de sons més ampli de qualsevol instrument, de manera que es pot compondre música per a tots els altres instruments. S'interpreta en forma de solo, en música de cambra (5 o menys participants) però la majoria dels altres instruments, inclosa la veu, utilitzen el piano per a l'acompanyament. Tècnicament, el piano també és un dels instruments musicals més complexes amb més de 2.500 peces.

El piano és un instrument de corda percutida, el so és produït per la vibració de la corda. La gran quantitat de components s'organitzen en cinc àrees estructurals i mecàniques generals de pianos de cua o verticals. Aquests són: el anell del piano, de cua en forma d'arpa (o el gabinet del piano vertical o vertical); la taula harmònica i les costelles o ponts que són els components encarregats de difondre la vibració; el bastidor i claviller on s'enclaven les cordes; i per últim, col·lectivament, les tecles, martells i acció o mecanisme de piano. El anell té moltes peces estructurals per unir-se a les potes i alineadors, com ara el prestatge on es col·loquen les tecles i el mecanisme del piano són les més importants. La taula harmònica amplifica les vibracions de les cadenes, que es transmeten a través de ponts.

El bastidor/placa està instal·lada sobre la taula de so i el claviller(part de la carcassa), aquest últim proporciona la força d'ancorar les cordes en tensió. Els cargols perimetrals o corretges d'afinació ancoren la placa a les mordasses i la part interior de la funda. El nombre de cordes varia de 220 a 240, ja que hi ha tecles que tenen doble o triple corda (greus), aquestes s'adjunten a les palanques d'enganxament al llarg de la vora corba de la planxa i a les palanques sobre la part frontal del piano en el claviller, aproximadament paral·lel al teclat. El mecanisme del piano és encara més complicat, ja que inclou les claus, accionadors, palanquetes, topalls i el martellet

Els noms dels pianos solen indicar les seves mides. Els pianos de cua (amb forma d'arpa) tenen una longitud de 1,4 a 2,9 m des de la part frontal del teclat fins al final de la corba. El gran "bebè" és de 1,52-1,57 m de longitud; Els pianos més petits es diuen "mida de l'apartament". Les grandàries més grans són el gran mitjà i el gran concert. El disseny de piano vertical modern ha canviat poc des del 1935. Els pianos verticals oscil·len entre 36-52 en (91-132 cm) amb petites variacions d'ample i profunditat. Les cinc mides estàndard des del més petit fins al més alt són l'espina, consolette, consola, estudi i pianos professionals. Els pianos són freqüentment escollits per la seva qualitat acústica però també per la seva bellesa, ja que és un moble que aporta un gran valor qualitatiu ja sigui en una casa, en un estudi o en un escenari.

Variabilitat de preus segons el tipus de piano

Aquí es presenten els diferents tipus de pianos, en funció del seu preu i cas ideal pel qual estan produïts, ja que com s'ha pogut veure en apartats anteriors els rang de preus dels pianos segons les seves prestacions és molt ampli, per això es crea aquesta taula amb preus orientatius de cada tipus de piano:

Tipus	Cas ideal	Preu
Teclats de 44 tecles	Aprenentatge	€150 – €250
Digital	Gravació	€400 – €2,000
Vertical	Limitació d'espai	€1,000 – €2,500
Consola o d'estudi	Limitació d'espai	€2,000 – €10,000
Quart de cua	Escenaris, limitació d'espai	€5,000 – €12,000
Mitja cua	Escenaris	€10,000 – €80,000
Gran cua	Escenaris, ús professional	€30,000 – €150,000

Imatge 29. Ventall de preus segons el tipus de piano

Així doncs, és convenient saber quin tipus de piano s'escollirà, per així, tenir una primera idea de quines prestacions es pretenen oferir al usuari, tenint en ment, en quina gama de preu es situarà el piano a desenvolupar.

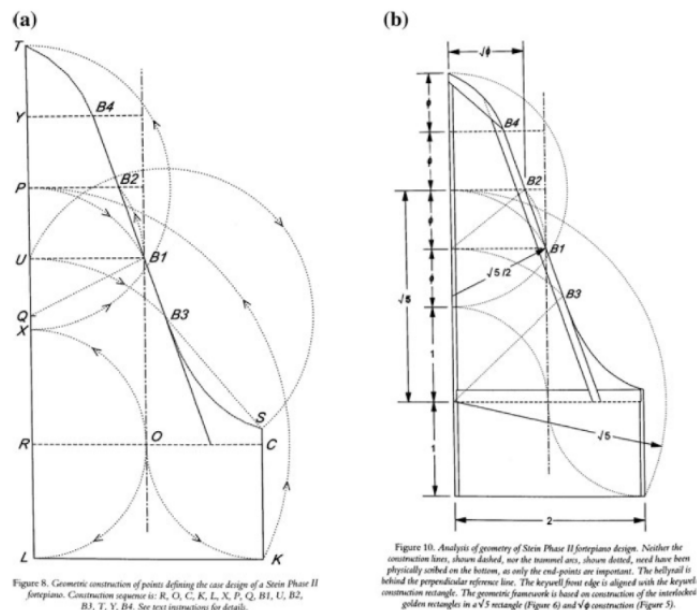
Com es pot comprovar el preu creix exponencialment a mesura que es fa més gran, i sobretot, en els de cua, ja que per una banda, ofereixen una major qualitat sonora però per l'altre els costos de fabricacions són més elevats (més processos, més complexitat, més mà d'obra,...)

Tanmateix, ens trobem que els usuaris actuals segons estudis de Yamaha segueixen una campana de Gauss en la compra dels diferents tipus de piano acústics, sent així el piano d'estudi vertical i el quart de cua els més venuts, cal remarcar que molts usuaris varien de piano al llarg de la familiarització amb aquest instrument fins en els casos professionals arribar al gran cua que bàsicament està establert per a aquest tipus d'usuaris.

Finalment, els teclats de 44 i 88 tecles electrònics si que són molt venuts, però les prestacions que ofereixen al usuari són diferents a les d'un acústic, la qualitat sonora no té res a veure, la presència de producte o la interacció persona-producte.

Patrons de disseny geometries tradicional

Els tres principals patrons que s'han tingut en compte pel disseny de instruments acústics, són l'acústica, l'ergonomia i l'estètica. Cal esmentar que en la construcció geomètrica del piano hi ha històricament uns patrons a tenir en compte, de cara a les proporcions d'aquest, a continuació es mostra el layout de dos taules harmòniques de grans piano vienesos que daten del segle XIX fabricats per J.A Stein.



Imatge 30. Proporcions idíl·liques del piano tradicional

Com es veu en la imatge, el piano es basa en la construcció de punts mitjançant proporcions de hipotenuses de triangles amb costat de 1 o 2, és a dir, arrel de 2 o arrel de 5, en altres paraules, tenir en compte el número d'or i la proporció àuria, partint d'una distància modular que decidien els propis lutiers creaven mitjançant raons amb els números mencionats altres distàncies per al disseny de la taula harmònica.

Actualment, aquests paràmetres han quedat en un segon pla, posant per davant la facilitat de producció, així que, tot i que aquestes raons hagin quedat antiquades (ja que segons es cita en el llibre Handbook of Materials for Strings Musical Instruments: els lutiers perfilaven la forma del piano per trobar la veritable bellesa, argument que no té cabuda en el món actual) és interessant comprendre el perquè de la geometria principal del piano, i que cal respectar la forma d'arpa de cara al disseny del piano de cua.

Per tant, a l'hora de desenvolupar el piano, les premisses més transcendents seran:

- L'acústica: llargada de les cordes, posició dels ponts, materials emprats en la taula harmònica i el volum de la caixa de ressonància.
- L'ergonomia: altura del tecla, tenir en compte les dimensions de la banqueta, l'amplada i llargada de les tecles.
- L'estètica: harmonitzar els requeriments geomètrics de l'acústica i l'ergonomia.

Conclusions Investigació Fase 2

Al finalitzar aquesta recollida d'informació, s'ha aconseguit conèixer amb major precisió no només el piano com a producte, sinó també tot allò que el rodeja, d'una forma profunda i tecnificada amb la finalitat de prendre les decisions que millor s'adaptarien al "target", que pel tipus de piano que farem serà el usuari en fase de iniciació/integració en l'ús d'aquest instrument.

S'ha pogut parlar amb dos músics, un pianista i un guitarrista, que ha transmès el seu sentiment cap a aquest instrument i com es veu en tercera persona des de una perspectiva propera, respectivament, com creuen que podria ser encarat aquest projecte des del punt de vista musical i quines problemàtiques s'observen actualment en el piano, així trobant les geometries i millores funcionals que es podrien adaptar amb més facilitat al sector.

Seguidament, la recerca i anàlisi de referents en els quals hi ha quelcom implícit per al desenvolupament del piano, hi juga un paper clau la línia fonamentalment lateral d'aquest, la integració sensata de tecnologia, així com la re-conceptualització d'un producte que com s'ha dit resideix impertorbable a canvis estètics i funcionals.

Per altra banda, tot lo que significaria el mercat del piano, les marques més ben assentades, les diferents gammes que hi ha dins de cada companyia i els diferents graus de qualitat, també important saber en quines dimensions i pesos ronden els pianos actuals que si que ha de ser una premissa a tenir en compte i que es pretendrà optimitzar, ja que el que s'ha vist en aquest apartat és que el piano que es dissenyarà anirà enfocat a estudis i al sector domèstic, llavors la integració en l'espai jugarà un paper clau.

Finalment, ser coneixedors dels orígens del piano ens permet tenir una òptica més ampla d'aquest producte, al veure que la seva evolució va durar gairebé dos segles, i que des de llavors, el cànon de piano s'ha mantingut un segle i mig més on un dels pilars fonamentals han sigut l'artesania i el tractament de materials.

	Materials	Pes & dimensions	Estètica	EcoDisseny	Qualitat so	Preu
V-125	Excel·lent	Mitja	Bona	Regular	Excel·lent	34.300
K-300	Bons	Baix	Regular	Regular	Bona	5.440
P 116 M	Regular	Baix	Regular	Regular	Regular	6.333
Model A	Bons	Baix	Bona	Regular	Bona	19.100
Concept 6	Excel·lent	Baix	Excel·lent	Bó	Excel·lent	10.300
D-274	Excel·lent	Alt	Bona	Regular	Excel·lent	+100.000
F-183	Excel·lent	Mitja	Excel·lent	Regular	Excel·lent	60.000
CX3	Bons	Mitja	Bona	Bó	Excel·lent	19.500
Peugeot	Excel·lent	Alt	Excel·lent	Excel·lent	Excel·lent	---

Imatge 31. Comparativa característiques dels piano acústics estudiats

B. Desenvolupament: Propostes i solució final

Desenvolupament de propostes. Forma, funció i ergonomia

Especificacions i requeriments de la proposta (Briefing)

La missió del briefing o plec de condicions és descriure el camí a seguir per a arribar a la solució final concreta i precisament, en funció del que necessita el client i per altre banda, disposar dels suficients paràmetres objectius amb els que demostra-li al client que el treball ha assolit les característiques plantejades de forma contractual, donant-li el valor que correspon al projecte.

Així doncs, després de concebre varies intencions d'on es dirigeix el projecte, s'ha de procurar diferenciar el nostre disseny en funció de les qualitats/característiques que busquem potenciar i la combinació d'aquestes.

(Context)

Creador → Producte → Ús → Usuari

(Codi d'ús)

Caldria designar el tipus de disseny al qual estarà lligat el nostre piano, i considerant que serà com els altres que hi ha el mercat:

-Emotiu: se li dóna molt pes a la marca, fins al punt que en tots els piano va inscrit en relleu, en una part molt visible, el logotip de l'empresa que el fabrica, és el segell de qualitat degut que és un producte car i hi ha una gran exigència darrere.

-Conatiu: el usuari, sabent o no tocar el piano, ha de veure's representat pels valors implícits d'un piano (elegància, luxe, cultura, classicisme, es pretén integrar tecnologia), tanmateix, el piano és una eina per demostrar el poder adquisitiu del usuari.

Seguidament, cal construir la cadena d'usuaris que intervindran en el cicle de vida del piano i la respectiva importància de cadascun:

Transportistes (menor) → pianista(Crític) → públic(crític) → afinador (menor)

Quantitat de gent, quantitat de temps d'ús, qualitat d'ús → pianista

Quantitat de gent → públic

Manteniment → afinador Producció → fabricants Transport → transportistes

Anàlisi d'usuari crític i ús: Físic → alçada i pes totalment variables: banqueta regulable seguint percentil a nivell mundial i pes fins a 150 kg Mans: respectar mida actual tecles

Hàbits o costums: seure correctament, moviment articular (canells, cervicals,...), fer octaves.

Context operació i lloc d'ús: interior (estudi/escenari), silenci, concentració, expectació, lloc bona acústica, nervis, contacte visual (identificació)

Piano cua → auditori. Piano vertical → estudi

<i>Altura</i>	Escollir percentil	Banqueta regulable
<i>Pes</i>	Establir un pes màxim	Resistència banquetta
<i>Interpretació ús</i>	Ergonomia cognitiva	Contingut gràfic (Tecles negres i blanques)
<i>Context/Situació d'ús</i>	Lloc on es farà servir	Indoor/silenci/concentració
<i>Hàbits</i>	Investigació	Rutina d'escalfament
<i>Mida de la mà</i>	Dimensió tecles	Estàndard

Imatge 32. Premisses bàsiques de disseny

Quadre funcional

Patró de la investigació a seguir, mostrar els diferents tipus de funcions d'una forma exhaustiva

Funcions principals: interpretar i compondre peces musicals. (Mantenir excel·lència sonora)

Funcions derivades: fer gaudir al espectador mentre es realitza la interpretació, acompanyar altres instruments musicals en un concert, autorealització del intèrpret, augmentar coordinació, reduir estrès, incrementar capacitat creativa. (Auto-realitzar usuari)

Funcions complementàries:

Estètica: imatge de moble d'alta gamma, luxós, Premium,... Colors i línies clàssiques i elegants *donar-li toc modern reflectir al usuari més contemporani*. S'escau que teclat i caixa ressonància (forma arpa) sigui com les dels actuals pianos amb uns acabats semblants que es vegin de qualitat, *variar el perfil lateral que es pugui contemplar com un escriptori modern*.
Socials: tocar dos persones a la vegada (a quatre mans), incorporar al usuari en el món de la música (conèixer gent nova, parlar sobre les experiències que té quan toca,...).
Tècniques: *llegir partitures en format digital, connexió amb dispositius electrònics, gravació, facilitar la composició per mitjà de software*.
Industrials: *introduir materials que siguin més fàcils per a la producció, menys artesanal, modularitat, per a obrir la caixa de ressonància i afinar-lo*.
Mediambiental:??

Els pianos presents en el mercat, majoritàriament com s'ha observat en el anàlisi de precedents en diferents graus de qualitat/preu, compleixen les funcions que hi ha aquí esmentades, exceptuant les tècniques i l'estètica que representi l'usuari més actual i que es contempli com un moble més ben integrat en l'entorn i ignorant totalment el factor sostenible, per tant, la finestra que es contempla seria treballar en això, tenint en compte els diferents tipus de referents per a incorporar d'una manera eficient les millores mencionades.

Per tant, el que es durà a terme en aquest projecte és el desenvolupament d'un piano adequat a un entorn més domèstic/acadèmic que d'auditori i en l'era que estem vivint que és la informàtica, en altres paraules, ajuntar la qualitat acústica amb les facilitats d'interacció de que et dona la electrònica, aplicant millores tecnològiques que facilitin no l'ús directament, ja que això depèn de l'habilitat del usuari però si que en faciliti la disponibilitat per usar-lo (trobar partitures per mitjà d'una tablet), ajudar a compondre (Leds que representin les tecles que toques) o facilitar compartir les teves obres i donar-li nous efectes sonors (per mitjà de

connexió USB i sortida MIDI al PC). Tanmateix, procurar buscar estalvi tant econòmic com ecològic, fonamentalment, en la seva producció i reciclatge.

Un altre camí que es va meditar dur a terme, va ser que aquestes funcions al ser tant complicades, és a dir, el procés de aprenentatge, pogués ser més fàcil, així doncs, plantejar un piano a nivell pedagògic, on es planteja una problemàtica sobretot de cara als infants o persones que tenen la mà petita que comencen a tocar el piano, els hi costa arribar a les tecles pertinents.

Per això, una proposta vàlida hagués sigut fer un piano amb el teclat corb, reduint la distància en amplada, augmentat l'abast de l'usuari per arribar a les tecles, però això comportava una redistribució de les direccions de les cordes, lo qual resulta inviable en aquest projecte, però podria ser una via a desenvolupar en un equip amb més coneixements sobre aquest instrument.

Resumint, serà un piano que ajudi al usuari a llegir i escriure música mitjançant tecnologia moderna, es a dir, que faci aprendre a interpretar obres i faciliti la composició de peces musicals.

Requeriments de la proposta

VARIABLE	ESPECIFICACIÓ	CRITERI	JUSTIFICACIÓ
1	Rendiment	Alt	El producte ha de tenir les mateixa qualitat sonora que la competència
2	Entorn	Estudis de gravació o habitacions/sales petites	El piano es dissenya pensant en espais petits amb ressonància menor
3	Vida útil	80 anys	Qualitat superior de materials i manteniment adequat (afinació)
4	Manteniment	Afinar el piano, treure la pols,...	Eliminar possible distorsions en el so (Nota La= 440 Hz)
5	Preu final del producte	< 50.000,00 €	Costs dels materials utilitzats, mà d'obra (muntatge complex), benefici empresarial
	Cost producció	< 30.000 €	

6	Competència	Competència indirecta	No hi ha cap fabricant de pianos acústics que incorpori sistemes electrònics
7	Embalatge	Un cop finalitzat el piano, col·locar-lo dins d'una caixa de fusta amb arnesos que fixin la posició d'aquest	Evitar que el piano es desplaci durant el transport, perquè qualsevol impacte pot ser crític
8	Transport	Un per camió, dos si s'escau	De la fabrica a la tenda/domicili
9	Muntatge	Professionals experimentats	Unir tots els components d'un piano és una tasca difícil
10	Facilitat de fabricació	Fabricació complex	Hi ha molts components, diferents materials, geometries, diversitat de processos fabricació i tractaments
11	Mida	2 x 1,5 x 1 metres	Es pretén fer un piano de mitja cua
12	Pes	400 kg màxim	Facilitar al màxim el desplaçament del piano a l'hora de col·locar-lo
13	Estètica	Divergent	Trencar amb els cànons i estàndards del piano clàssic, respectant unes determinades característiques per funcionalitat
14	Materials	Fusta → caixa ressonància Materials ecològics i econòmics però funcionals	Els materials que formen la caixa de ressonància han de tenir una elevada qualitat acústica
15	Afinació	4 vegades primer any i 2 vegades	S'ha de mantenir una correcta tensió de les cordes
16	Accessibilitat	Banqueta amb altura regulable	Per a què l'usuari quedi a l'altura del teclat tingui l'alçada que tingui

17	Confort	Banqueta adequada a l'ergonomia amb l'usuari	S'escull banqueta que potenciï el grau adient de comoditat
18	Client	Destinat a usuaris ja familiaritzats amb el piano	Busquen millorar les seves habilitats tant interpretatives com de composició
19	Qualitat i fiabilitat	Components de gran qualitat i resistència	Els instruments musicals van destinats a un sector d'alt poder adquisitiu on s'és exigent
20	Emmagatzematge	El producte no acabarà de ser muntat del tot fins la venda	Ocupar el menor volum possible mentre estiguin en stock
21	Processos	Assecat previ i lacat	Es deixa assecar la fusta en condicions concretes i es laca per homogeneïtzar les superfícies
		Fundició per motlle de sorra	Bastidor d'acer (poques unitats)
		Mecanitzats	Evitar espereses que malmetin la funcionalitat
22	Terminis	1-2 mesos	A mida del client.
23	Proves	Humitat	Ambient domèstic (no regulat) tractar la fusta prèviament
		Fatiga	Tensió cordes, colpeig mecanisme
24	Seguretat	Calcular el pes que ha de suportar el peu	Evitar lesions del usuari.
25	Restriccions de la companyia	No usar materials no sostenibles	Ser partícips eco-disseny: prohibit ivori per les tecles, ús de materials i processos sostenibles (M-WOOD2)
		La empresa se encarrega del	Assegurar la qualitat del producte

		muntatge del producte	
26	Restriccions del mercat	Pes	No sobrepassar el pes màxim admissible en entorns domèstics
		Mides límit	Normativa segons el entorn on es trobi
		Materials adequats al context	Resistir al ús i a la fatiga.
27	Patents	Mecanisme	Companyia aplica nous materials i geometries optimitzades
28	Implicacions socials	Implicació amb el medi ambient	Valor afegit al producte
29	Consideracions legals	Compliment de la normativa	Raons legals
30	Instal·lació	Instal·lació a càrrec de la empresa	Qualitat garantida del producte
			Eines específiques pel muntatge
31	Documentació	Plànols	Transparència usuari-producte
		Especificacions tècniques	Coneixement de cada una de las especificacions del producte
		Informació tècnica dels materials	Reciclar correctament els materials.
		Contacte de l'empresa	Assistència al client
32	Eliminació	Tots els materials són reciclables	Al final de la vida del producte vetllar per la reutilització dels materials

Mapa conceptual de solucions i productes



Com ja s'havia mencionat anteriorment, s'opta per desenvolupar un piano acústic, en el benentès, les opcions queden reduïdes a pianos verticals o de cua, també com s'ha dit, es decideix fer de cua per omplir un buit que hi ha actualment en el mercat, pianos de cua

adaptables al àmbit domèstic o de cambra (estudi). Finalment, s'estableix que sigui un projecte que trenqui les línies i cànons del que ve a ser aquest instrument musical tan conservador per incentivar l'ús d'aquest producte tant a nivell principiant com avançat.

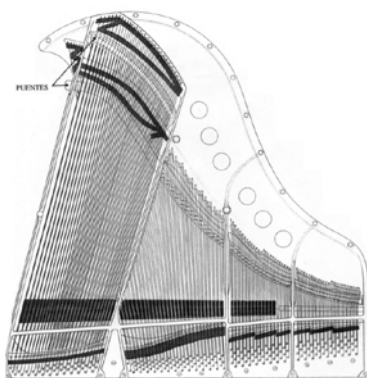
Dissenys conceptuals de possibles solucions

Cal definir que el tipus de piano que es desenvoluparà veient les diferents opcions (mostrades en la pàgina anterior), com s'havia comentat l'objectiu des d'un primer moment és dissenyar un piano acústic, ja que és l'instrument més representatiu i dominant en una orquestra i mitjançant el sistema mecànic que colpeja les cordes és la forma que resol millor l'harmonia musical, és primordial respectar la qualitat sonora.

Després s'ha de mencionar, que quan més llarga és la corda més vibració tindrà i per tant, millor qualitat sonora, així doncs, hi ha dos formats a escollir: verticals (amb les cordes més curtes però més econòmics) o els de cua (cordes més llargues però més cars), així doncs, avaluant que hi ha al mercat es veu que per l'entorn domèstic el piano de cua no hi és present degut evidentment a les seves dimensions, així que es proposa la idea de canviar la disposició de les cordes, posar-les en diagonal, amb l'objectiu d'estalviar espai i que el piano de cua sigui viable en un entorn fins ara complicat de que pugues ser apte: el domèstic.

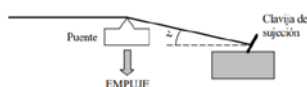
A continuació, es mostraran les tres propostes amb una major viabilitat tenint en compte les premisses mencionades, sobretot es tracta d'una primera aproximació a nivell estètic, per visualitzar com serà el piano a desenvolupar. Combinar modernitat/contemporaneïtat amb sobrietat/elegància.

Els pianos de cua sonen millor que els verticals, aquesta millora en la qualitat del so és deguda a que quan més llarga sigui la corda major vibració produirà i per tant, ressonància al trobar-se amb la taula harmònica, per altre banda, la taula harmònica no topa amb una paret darrere que esmorteixi el so sinó que queda flotant gràcies a les potes, i això fa que el so no derivi en cossos no desitjats com seria el cas de la paret en el vertical.



En general, quant més a prop estigui una corda del centre de la taula, millor es veurà amplificada. Això justifica en part la disposició de las cordes en dos nivells (sobre-encordat). Al separar el pont del registre greu i col·locar-lo en una posició més central, es millora notablement la amplificació dels greus.

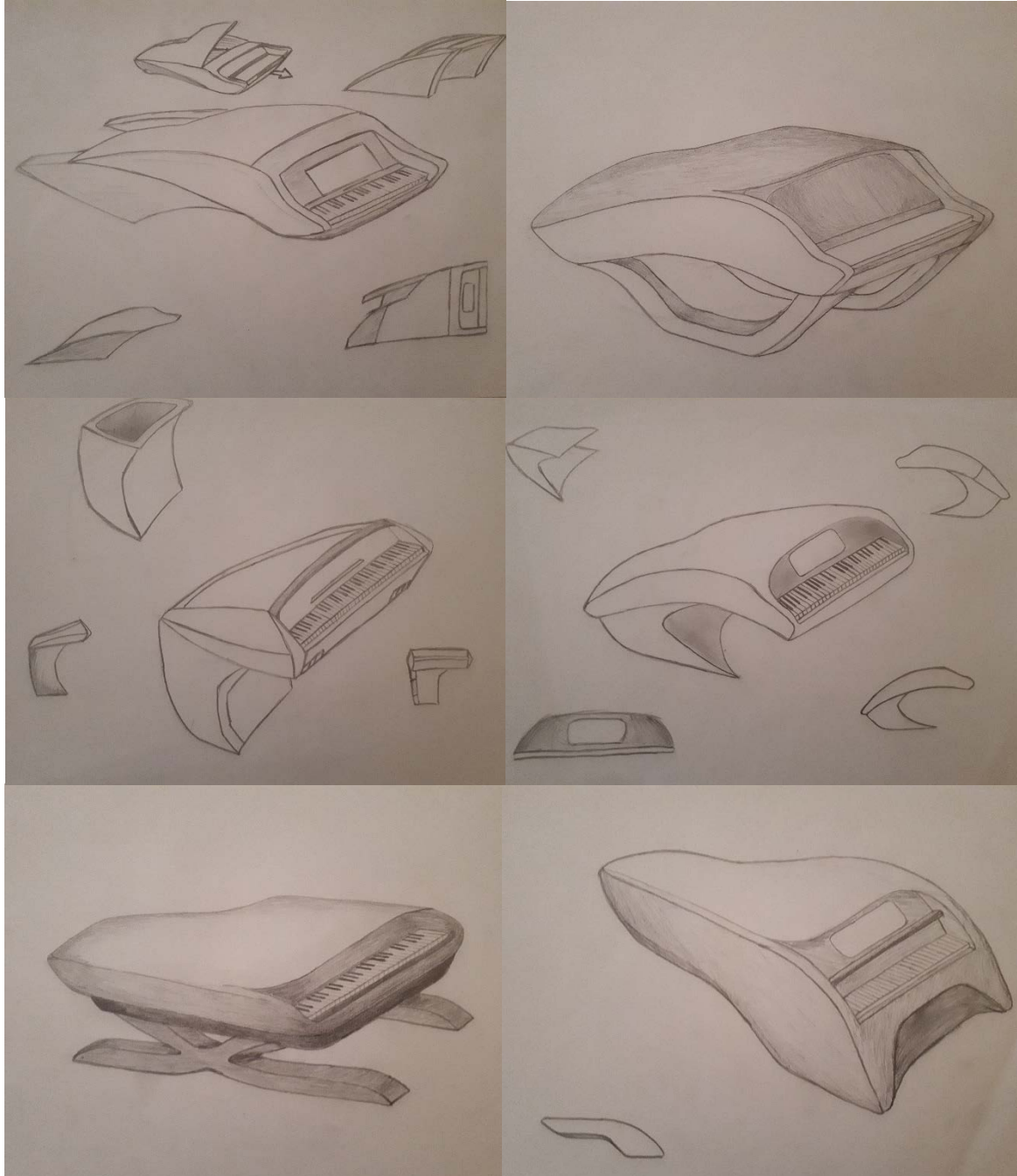
Imatge 34. Disposició cordes en la taula harmònica



En els pianos estàndards actuals la taula harmònica ja té una certa convexitat per a contrarestar la força produïda per les tensions de les cordes, amb el temps aquesta convexitat disminueix i això es tradueix en el deteriorament de l'elasticitat i característiques ressonants de la taula. Per tant, amb el disseny en diagonal podem fer més pronunciada aquesta curvatura i que així les qualitats de la taula perdurin més anys en condicions òptimes. <http://www.ingenierosacusticos.com/ingenieros-acusticos-manual-sobre-acustica-de-salas.pdf>. http://www.jjburred.com/research/pdf/burred_acustica_piano.pdf

Propostes de disseny formal

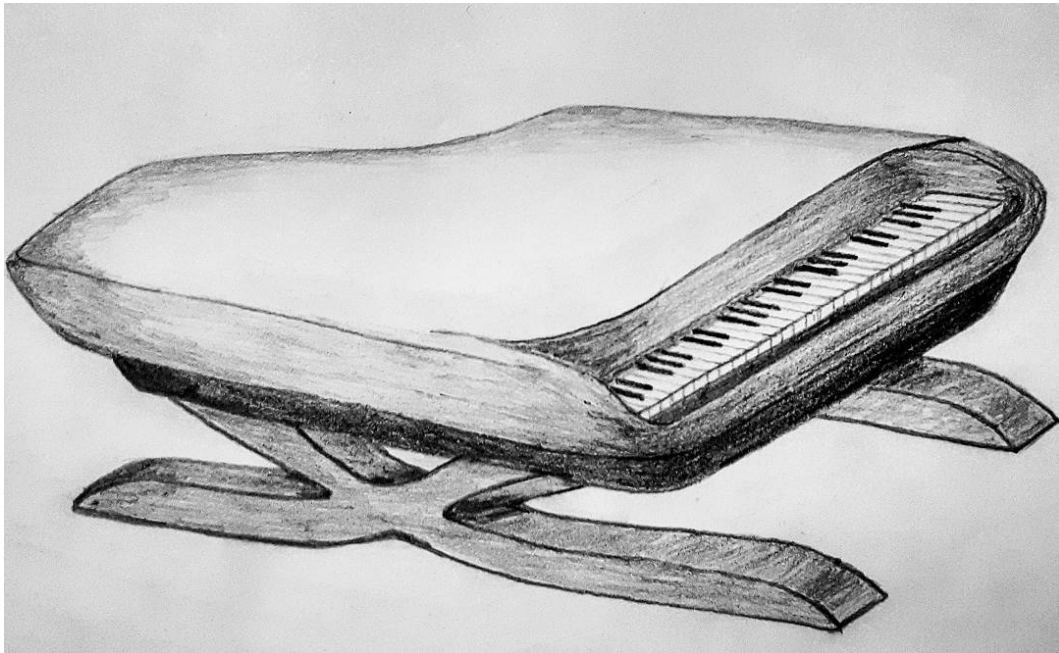
Conjunt de sketches de possibles solucions al piano a desenvolupar



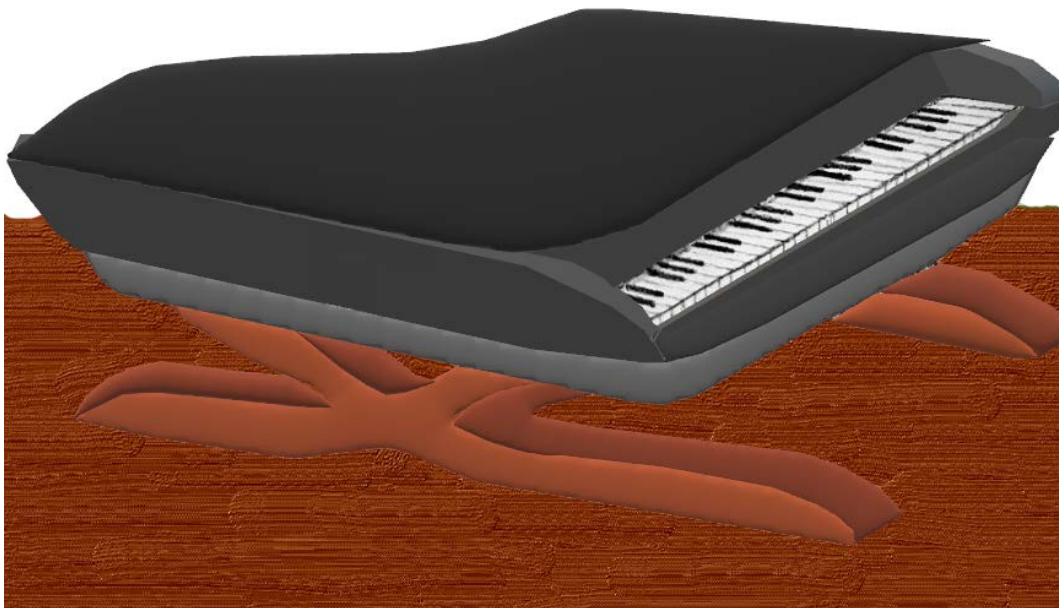
Conjunt de sketchs amb diferents propostes del que seria el piano plantejat, a l'hora de decidir la disposició de les cordes, s'opta per l'opció convencional de col·locar-les en horitzontal enlloc de en diagonal, ja que no es podria contrastar una sonoritat òptima, el disseny seria discutible.

Solució final adoptada

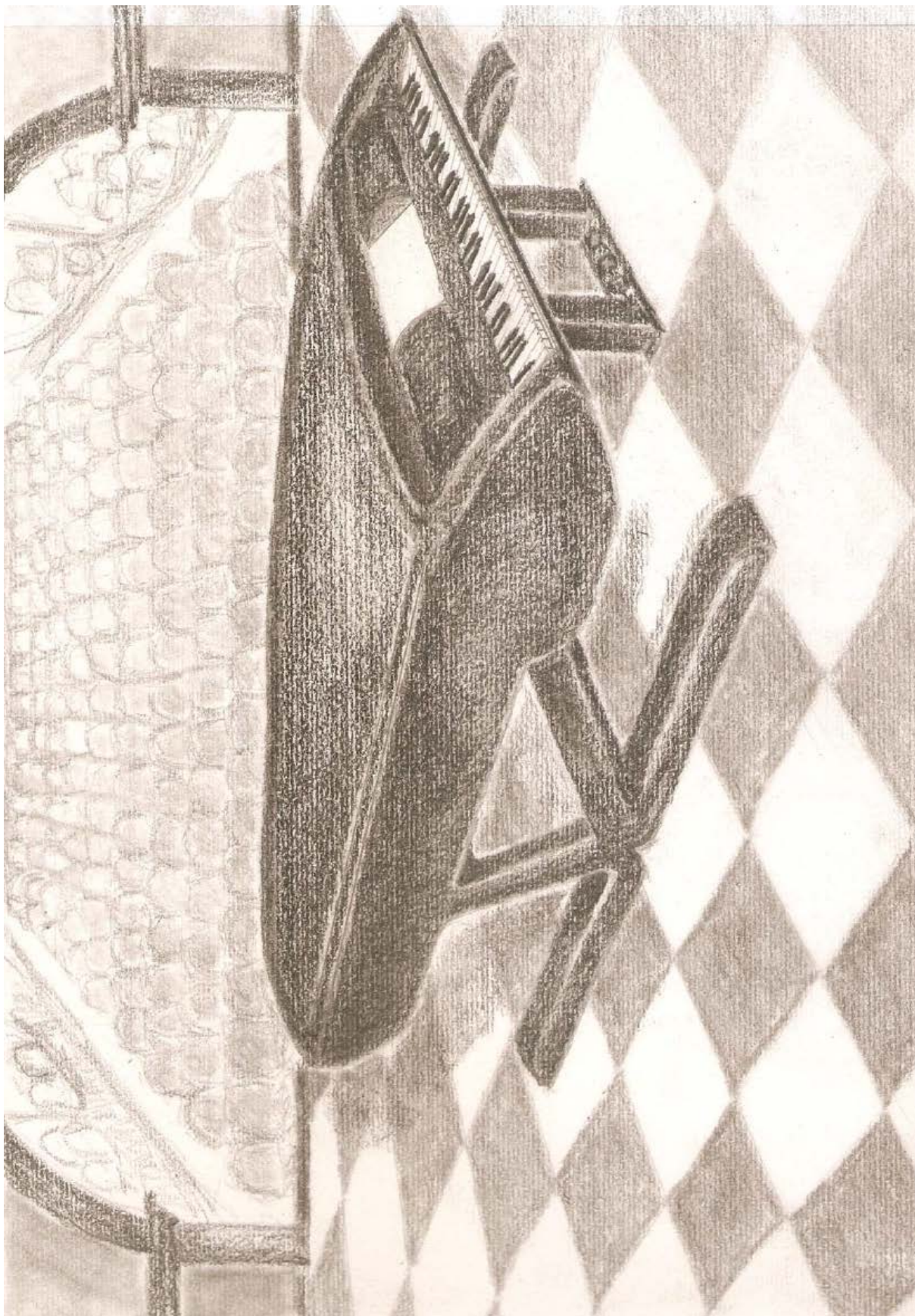
S'escull un disseny que variï l'aparença habitual del piano, ja que com s'ha establert es pretén canviar les línies habituals del piano, així també, té unes funcions distintives a les d'un piano convencional, així que l'estètica/ergonomia/acústica van en funció de les decisions adoptades. No obstant, sempre s'ha prioritzat que el piano no quedi desconceptualitzat, és a dir que sigui un disseny representatiu, on fàcilment es pugui apreciar que es tracta d'un piano.



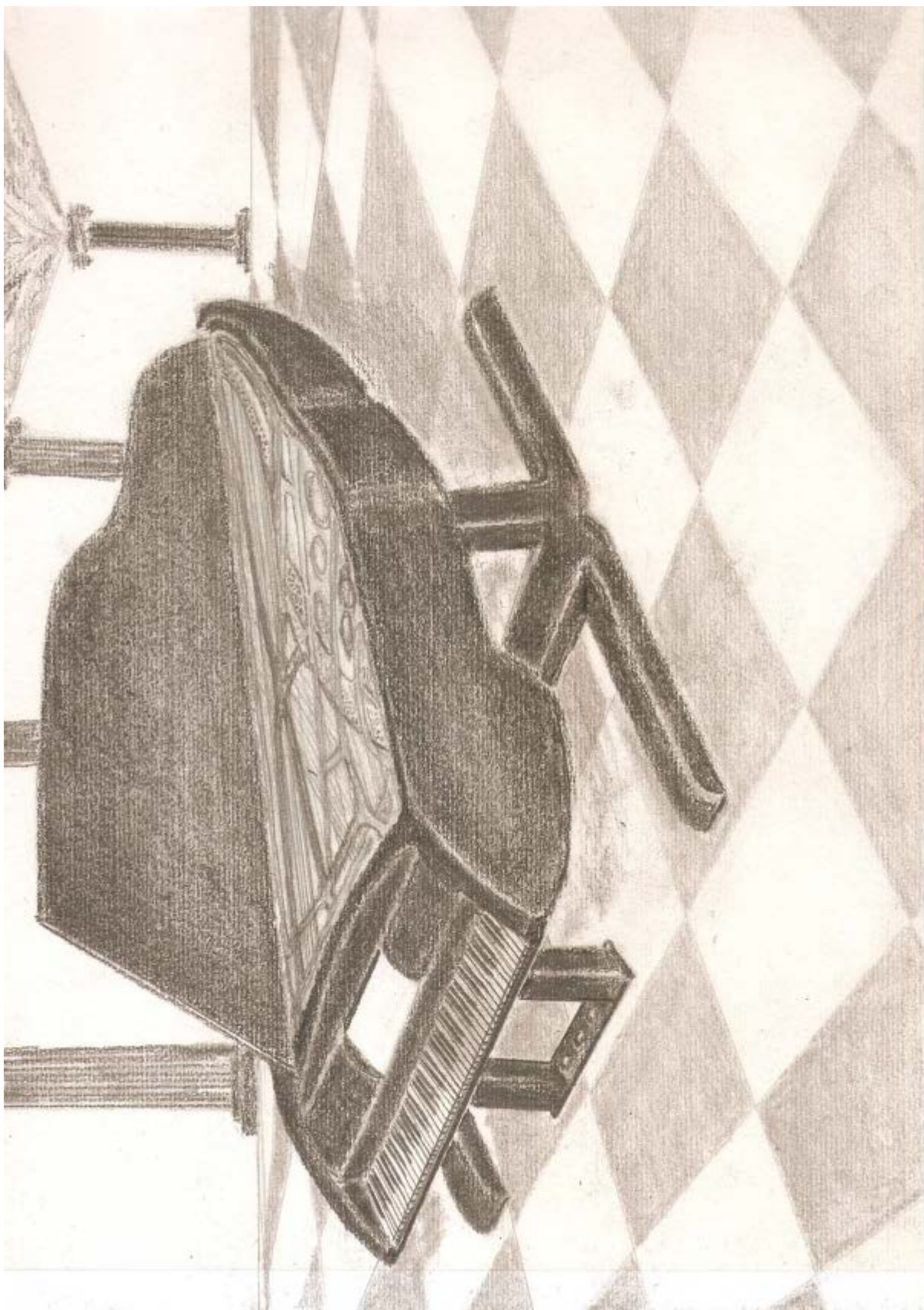
Imatge 36. Sketch de la proposta definitiva escollida



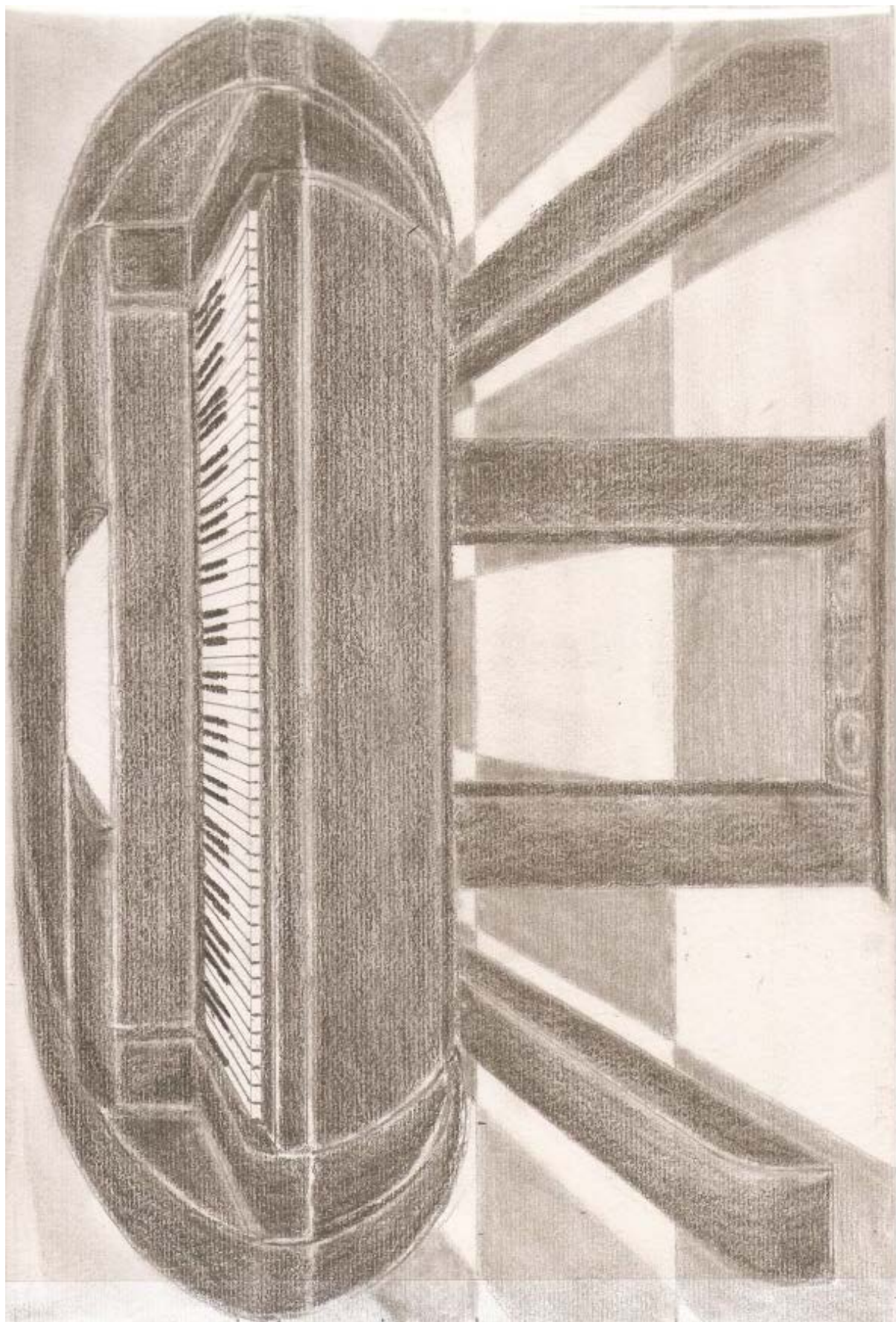
Imatge 37. Aproximació volumétrica del disseny escollit



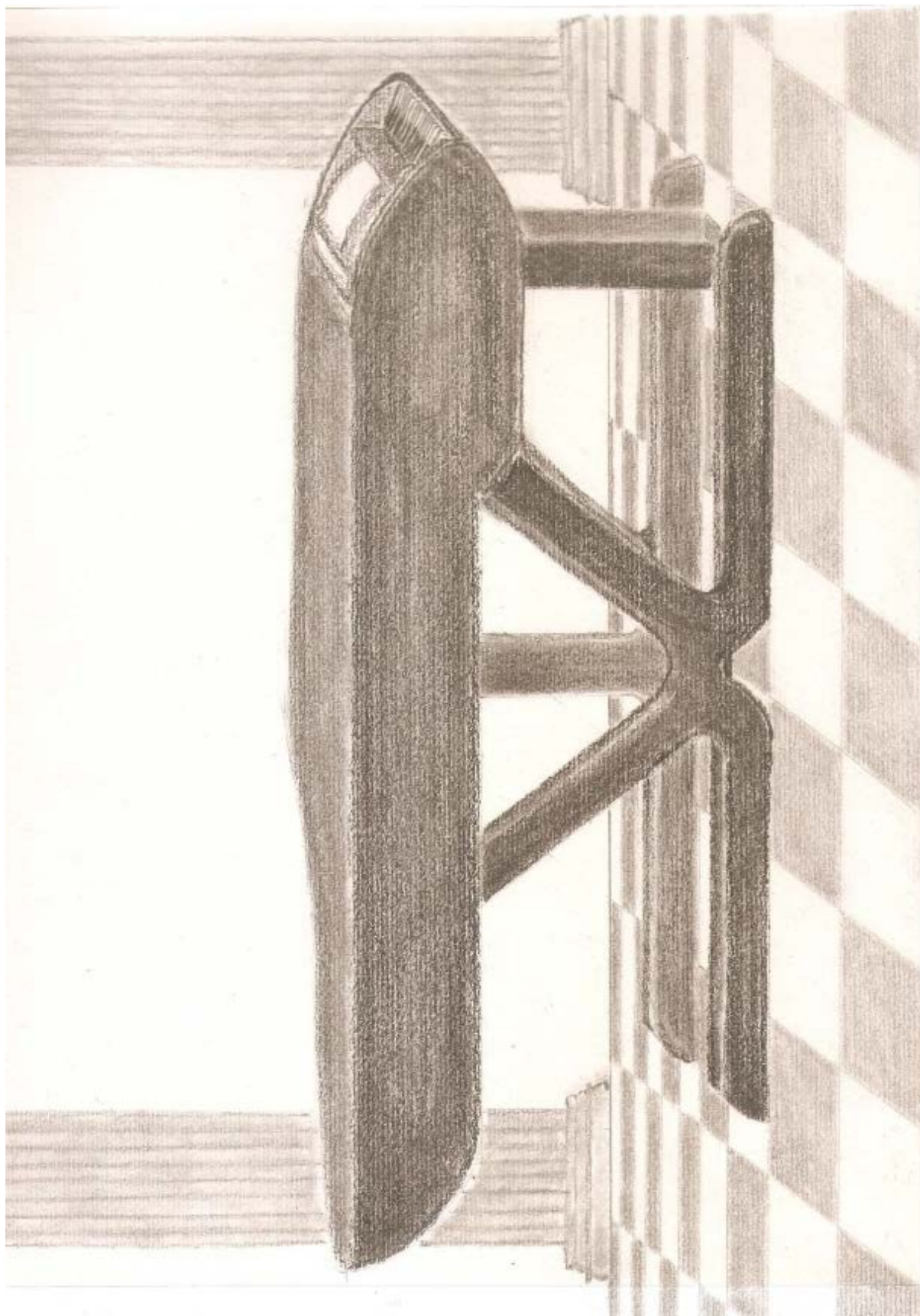
Imatge 38. Esbós vista isomètrica del piano



Imatge 39. Esbòs del piano on es mostra l'interior



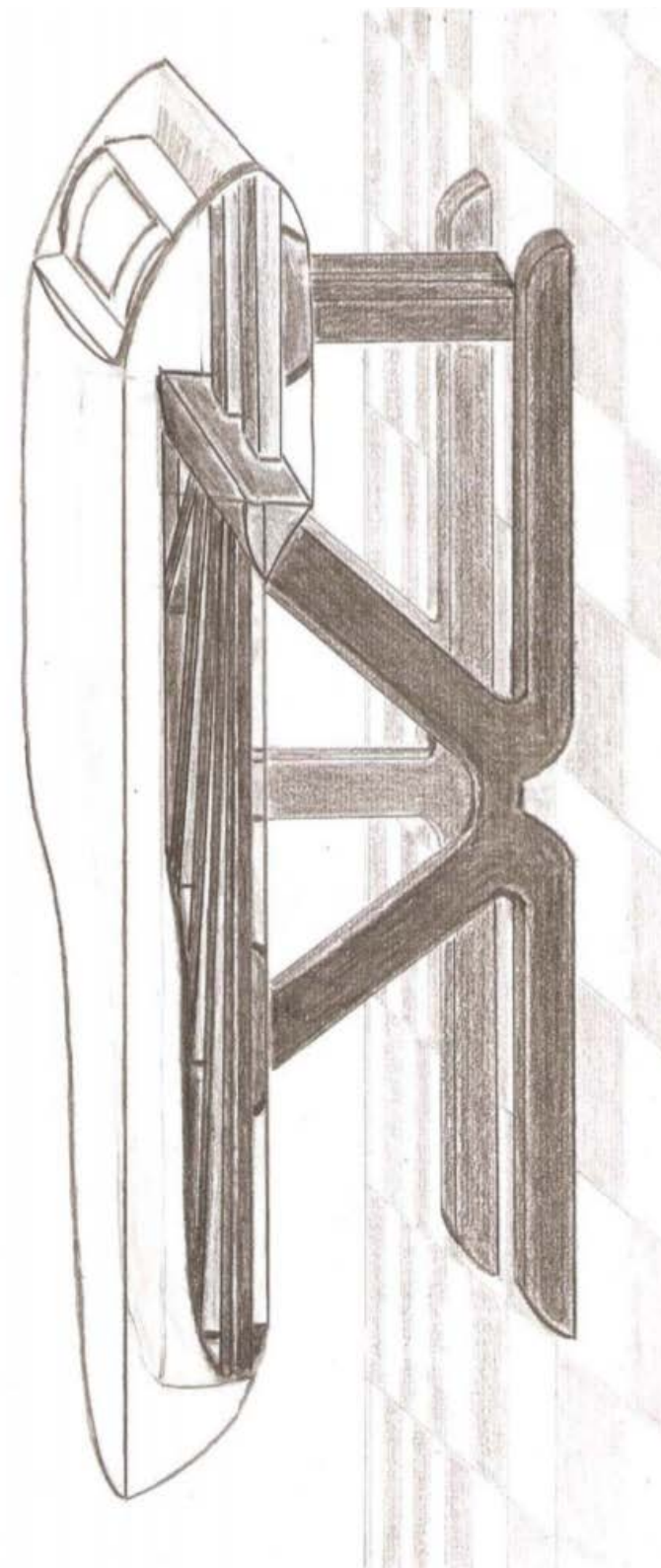
Imatge 40. Esbòs vista frontal piano



Imatge 41. Esbòs vista lateral del piano

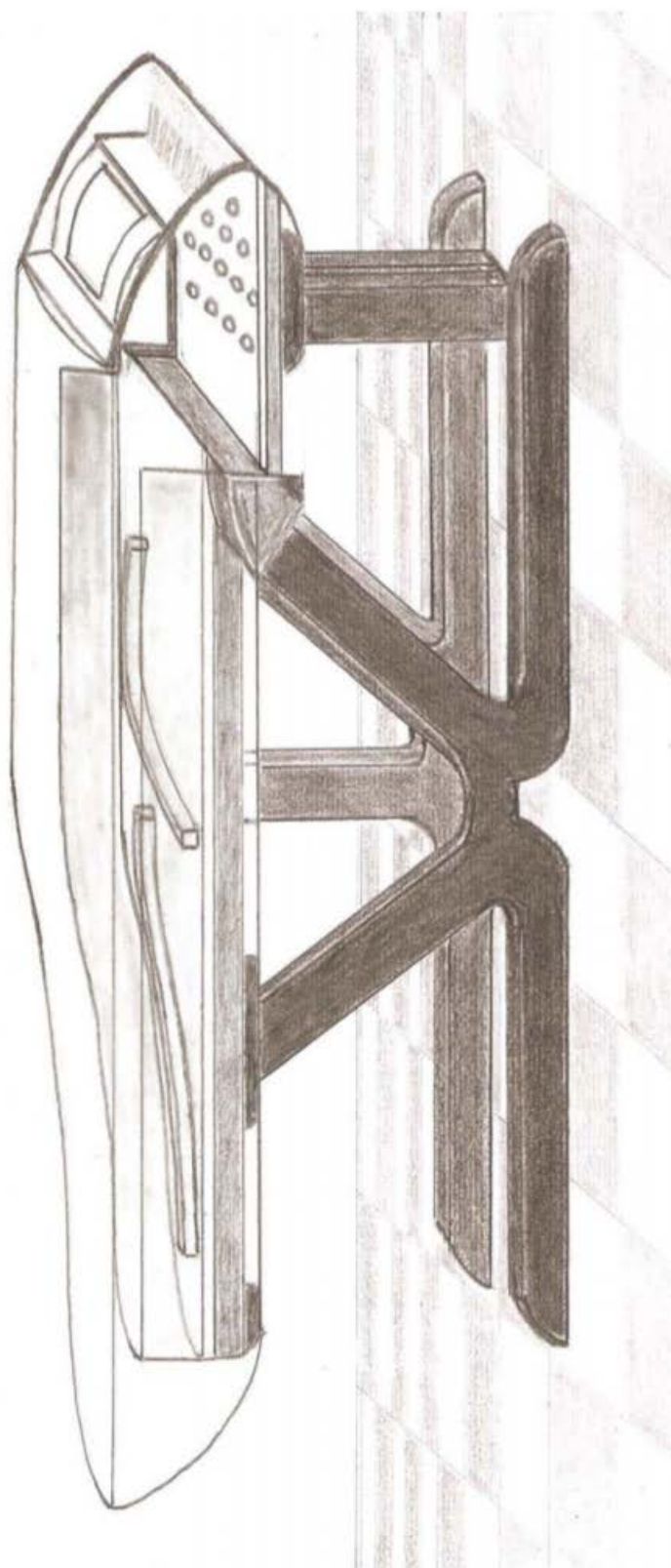
Dissenys modulars

Mòdul suport inferior del piano



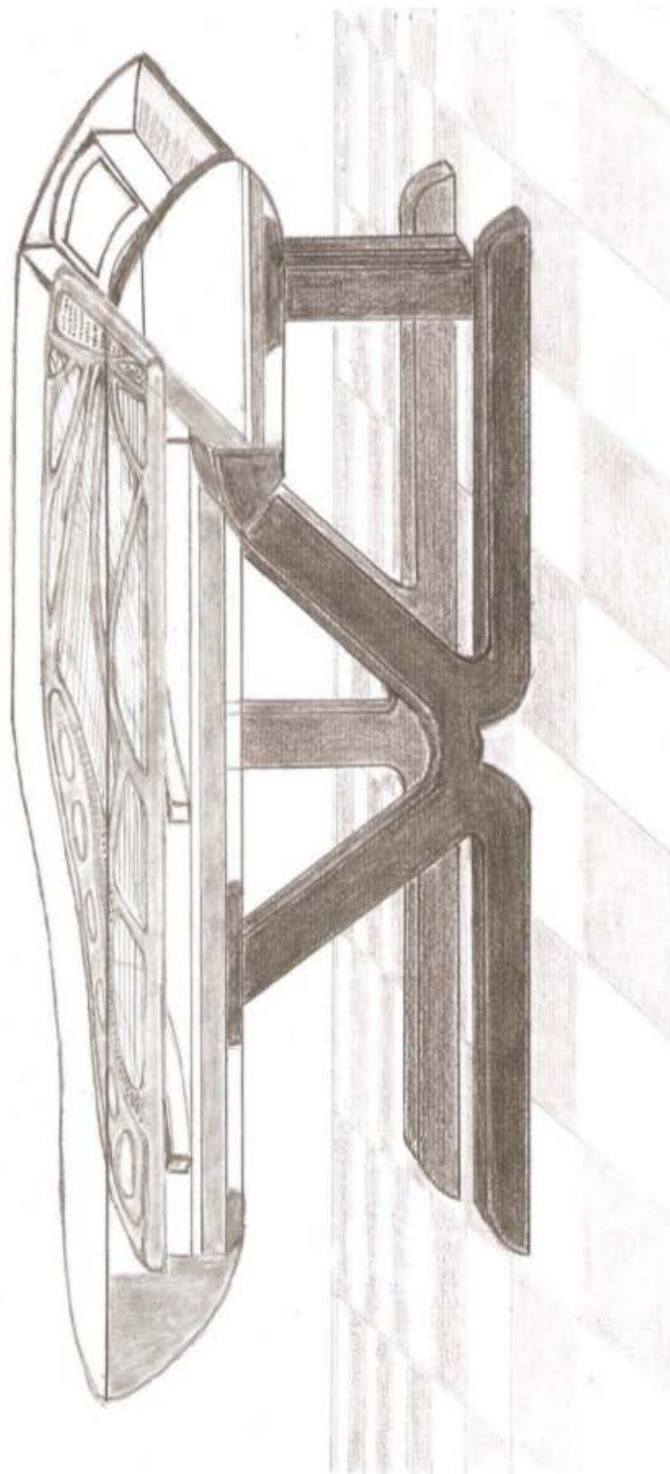
Imatge 42. Esbòs suport inferior

Mòdul taula harmònica:



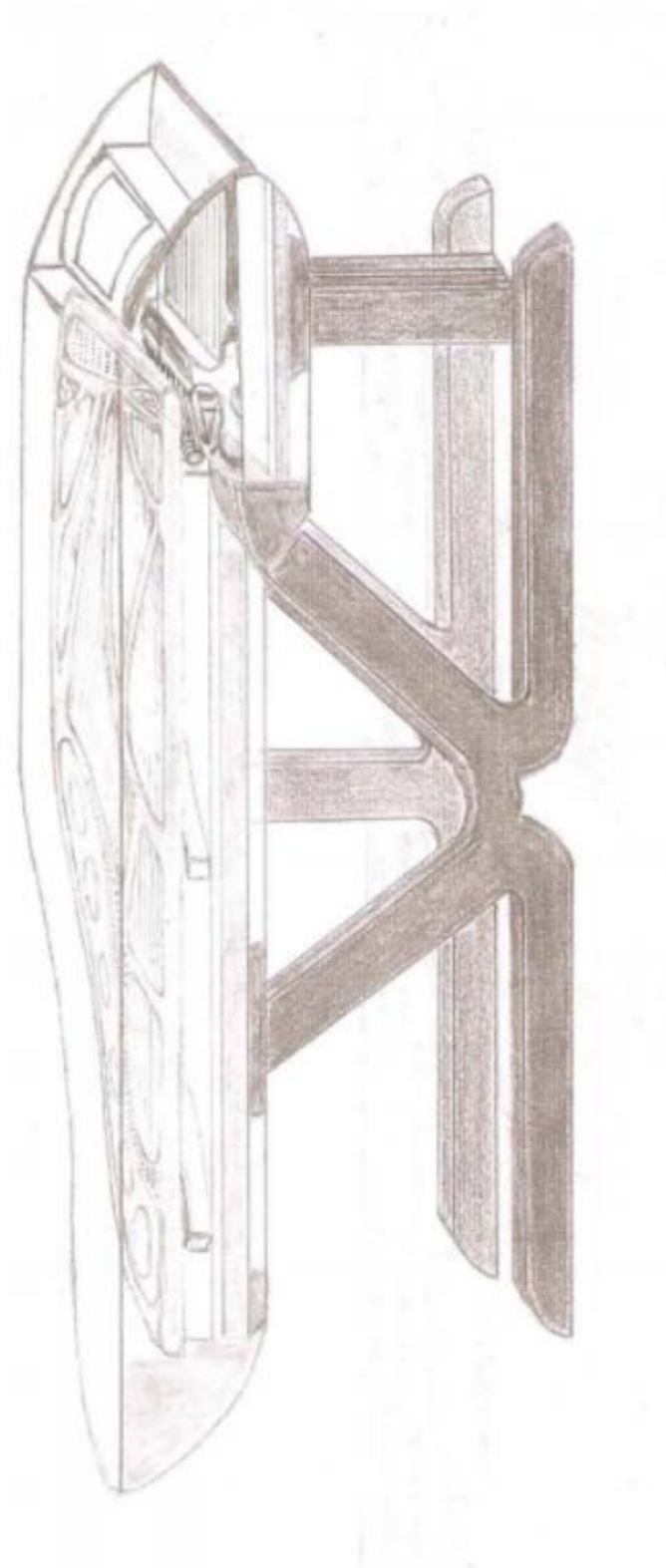
Imatge 43. Esbòs de la taula harmònica

Mòdul bastidor:



Imatge 44. Esbòs del bastidor

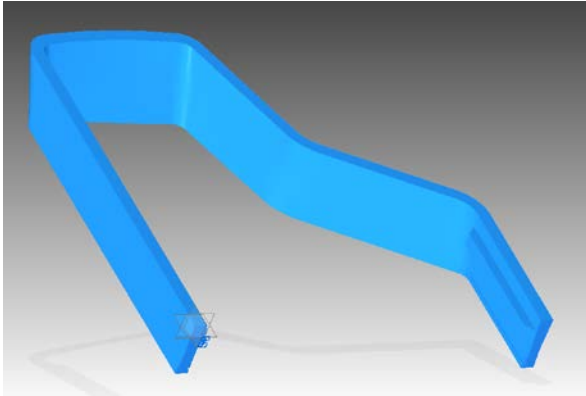
Mòdul teclat i mecanismes:



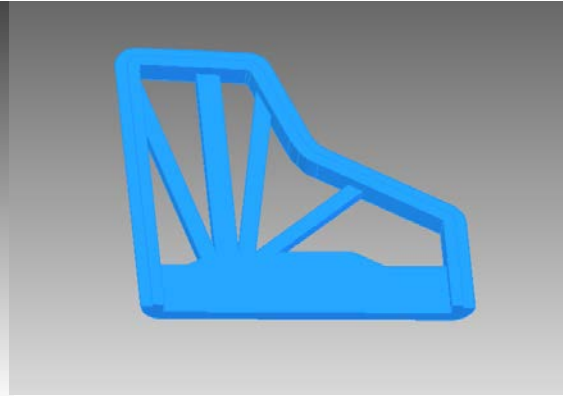
Imatge 45. Esbòs del teclat i mecanismes

Disseny CAD

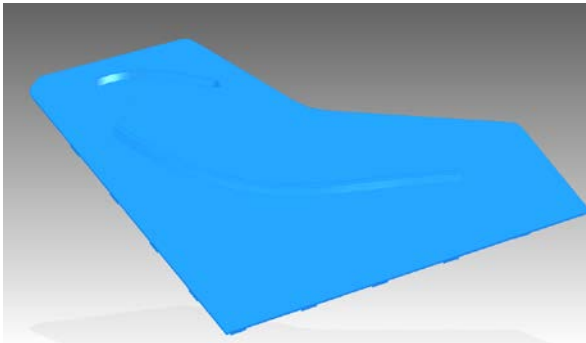
S'adjunten imatges dels diferents components CAD que componen el piano i el final assembly d'aquest:



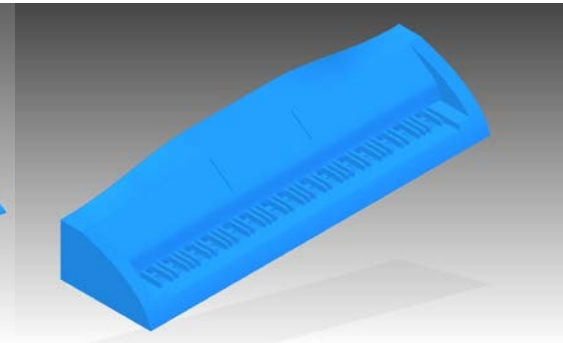
Imatge 51. Anell



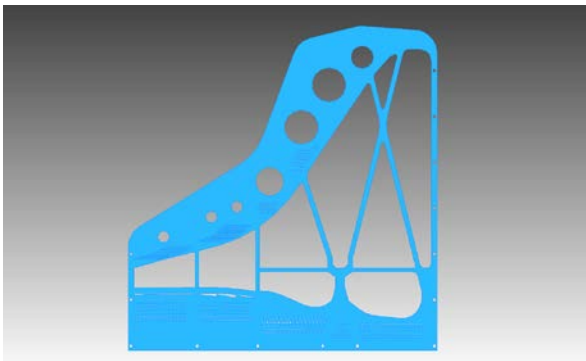
Imatge 50. Suport inferior



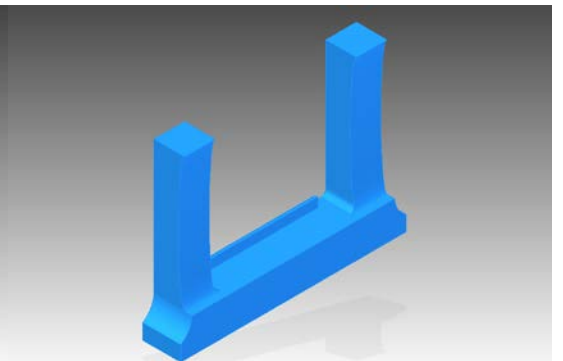
Imatge 49. Taula harmònica



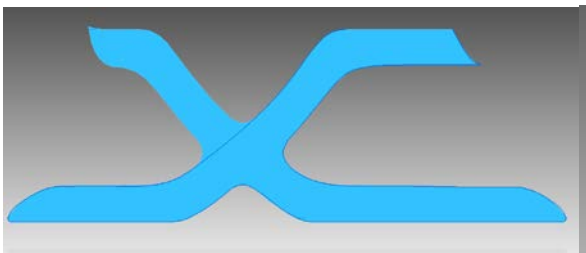
Imatge 48. Mòdul teclat



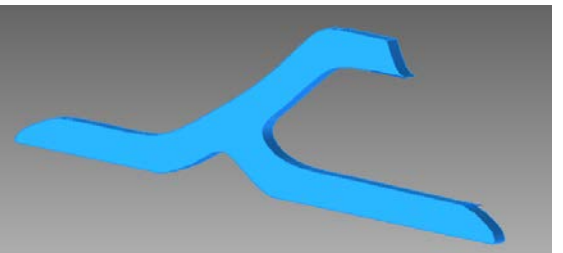
Imatge 47. Bastidor



Imatge 46. Mòdul pedals

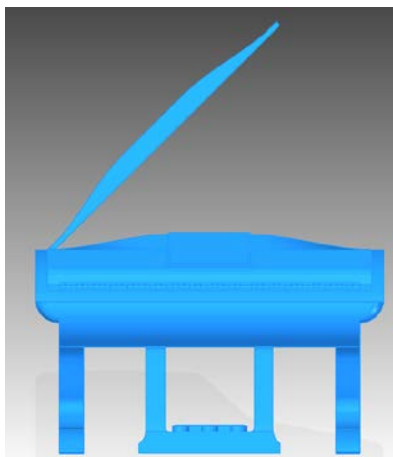
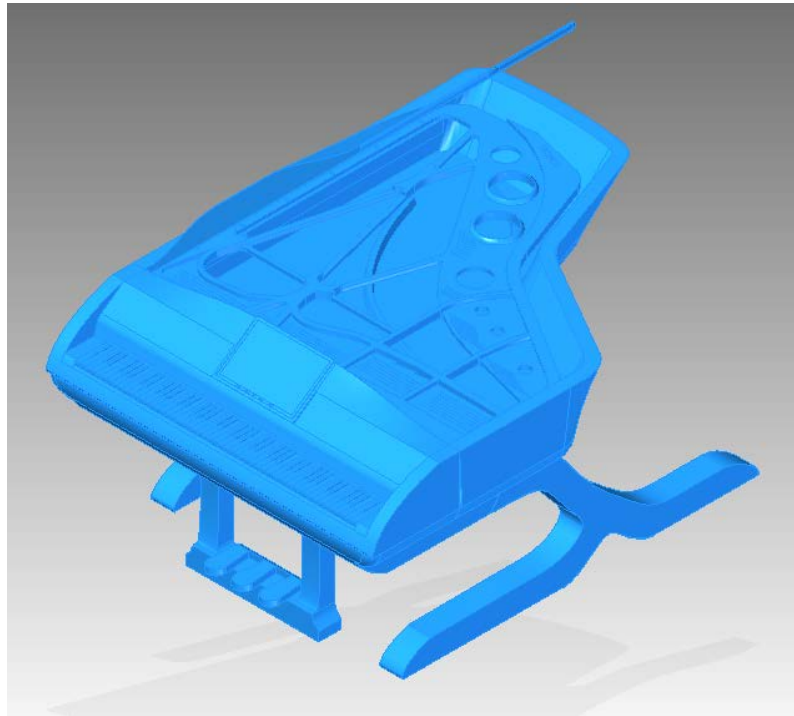


Imatge 53. Estructura dreta



Imatge 52. Estructura esquerra

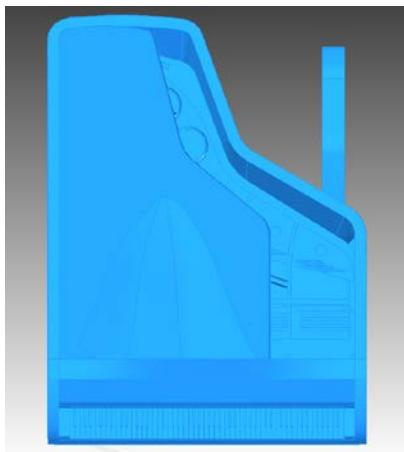
Certament, hi ha més components en el modelat 3D (pantalla, faristol, pedals, tecles, mecanismes, cordes, tapa superior,...) però es considera que són poc representatius com per ser exposats en solitari, així que ja es mostren directament en l'assembly:



Imatge 55. Alçat del model 3D



Imatge 57. Perfil del model 3D



Imatge 54. Planta del model 3D

Estudi antropomètric/ergonòmic

En relació a conèixer les mesures de forma quantitativa que té el cos humà per integrar-les en el producte i facilitar la interacció piano-persona, es realitza un estudi antropomètric estàtic: cal definir quines són les dimensions òptimes que té el usuari quan està assegut a la banqueta per tocar les tecles, i establir paràmetres complementaris com són l'angle de visió de les partitures i la distància a aquestes en funció de la altura del cap, la disposició dels pedals fonamentat en el abast del peu o avaluar la dimensió de les tecles tenint en compte la de la mà.

Encara que no es dissenyi la banqueta, l'estudi es realitza per avaluar com haurà de ser la banqueta idònia pel piano, que es suposa inicialment que tindrà les mateixes mides que les actuals

Primerament, cal veure les mesures del cos humà adult assegut i la mida de la mà, escollint el percentil espanyol 5 per a dimensions i abasts externs i el percentil 95 espanyol per a dimensions i abasts interns. Ja que la resta de tant per cent de població (del 1 al 5 i del 95 al 100) i el que serien persones amb una estatura reduïda (infants), quedaria representada amb la regulació pròpia del seient.

Del percentil 5 s'escull el de dones, valor més petit, i del 95, homes que és un valor més gran, per així ampliar el ventall.

Mides a tenir en compte:

A. Altura poplítica (95) → altura banqueta: 49 cm

B. Llargada natja-popliti (5) → amplada banqueta: 43.2 cm

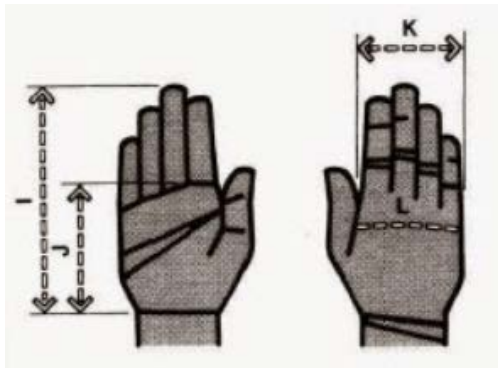
A+C. Altura colze (95) → altura tecles: 78.5 cm

A+D. Altura espatlla (95) → altura partitures (orientatiu): 102.5 cm

F. De colze a colze (95) → llargada banqueta (orientatiu): 50.5 cm

G. Amplada maluc (5) → amplada pedals (orientatiu): 31 cm

Imatge 58. Representació i llegenda de les mides d'una persona asseguda del percentil 95 i 5 en funció del sexe

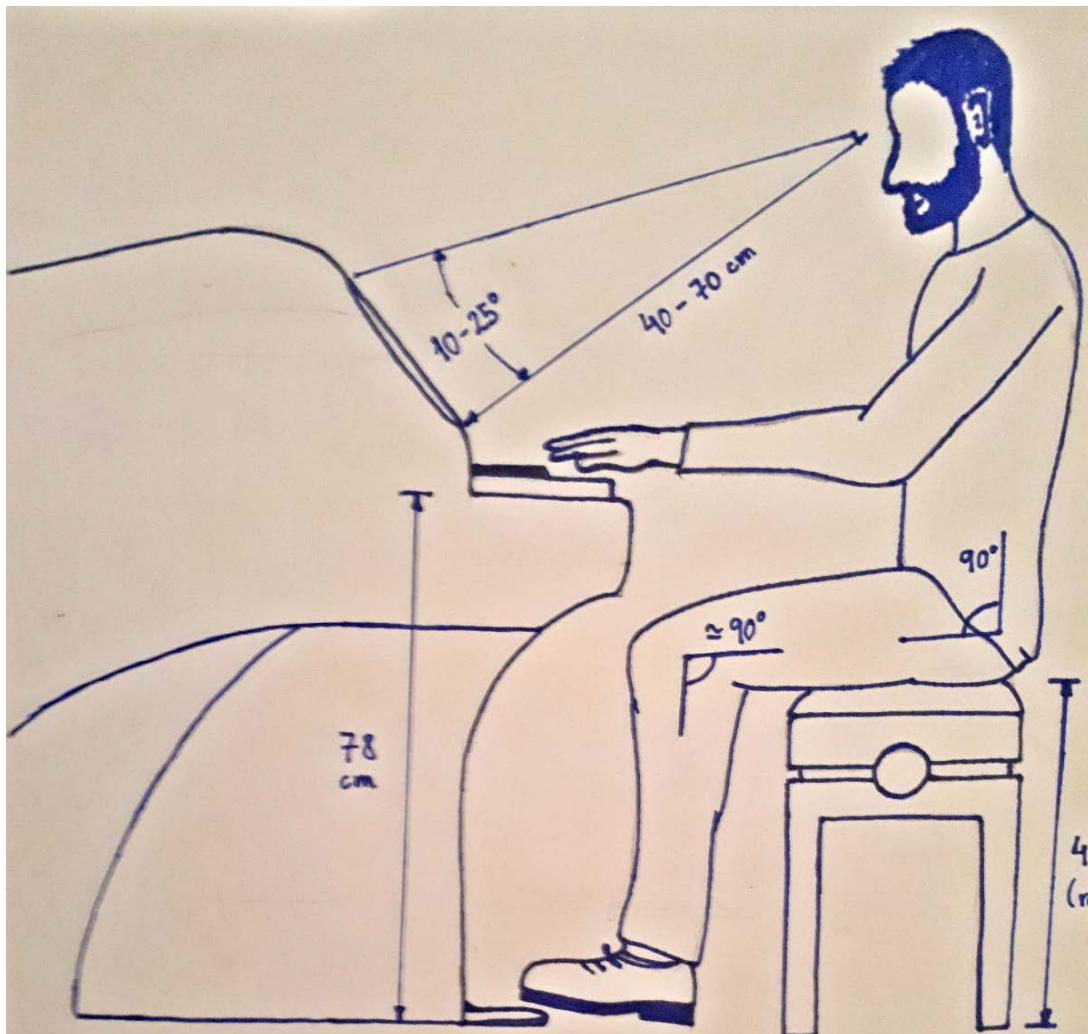


Mida tecla blanca estàndard:
2.3x14.6x2.5 cm K/4. Ample dit →
amplada tecla: $9,6/4 = 2.4$ cm
Mida tecla negra estàndard:
0.9x9.5x1.2 cm

	l
	8.07
	20,5
	7.00
	17,8

La mida estàndard amb la mida feta de la divisió
concorda amb un marge d'1 mm.

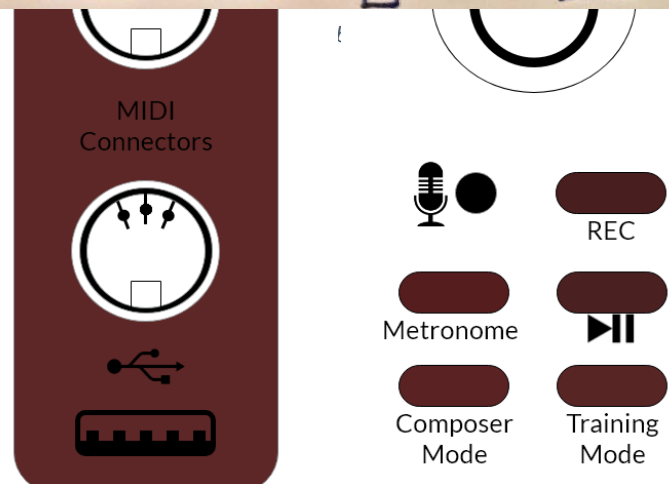
Així doncs, un cop es tenen les mesures de les parts del cos necessàries, s'elabora el estudi ergonòmic aplicant aquestes en el piano, veient com interactua amb el usuari. Això és lo referent a l'ergonomia física.



Imatge 60. Aprc

Ergonomia cognitiva

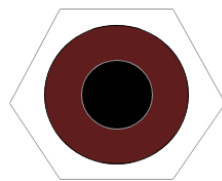
En quan a la ergonomia cognitiva, és a dir, la part de la relació piano-usuari on aquest últim a partir del raonament o la percepció,



Imatge 61

per a dur a terme, les diferents funcions del producte. Aquí es mostra 3 displays que es col·locarien al lateral de les tecles; on s'activarien i regularien 3 funcions electròniques del piano: escoltar el que toques amb els auriculars, connexions MIDI i per últim, el PianoMaster que es tracta d'activar el sensor de les tecles per enregistrar quines notes estàs tocant; ja pot ser per escriure música (es vagi enregistrant a la tauleta per compondre cançons en el pentagrama) o per llegir música i corregir (contrastar si la nota que estàs tocant és la adequada o no de la cançó que s'elegeixi interpretar).

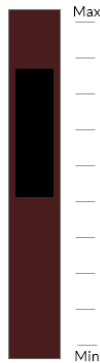
XXI Piano



HeadPhones



Volume



Els connectors d'auriculars amb el regulador de volum estaria col·locat al lateral esquerra de les tecles, mentre que el display del MusicMaster a la dreta del faristol per les partitures. Finalment, les connexions MIDI i USB, es col·loquen sota del teclat.

Funcionalitat i ús

Tal i com es planteja el piano a desenvolupar, ja que el objectiu és atraure/apropar nous usuaris que vulguin tocar el piano però que pels motius comentats no poden, ha de incloure més funcions complementàries que ajudin a duu a terme les funcions principals que són interpretar i compondre música.

Això es fa mitjançant sistemes electrònics, ja sigui en forma de tauleta o per sensors, les característiques tècniques de cada aparell no són vinculants en aquest projecte però si que s'ha de concretar les funcions de cada tipus de millora digital en un producte totalment acústic.

Fonamentalment, el valor afegit d'aquest piano ve donat per la integració d'aquests elements, ja que deixa enrere les problemàtiques tractades, aquests en serien alguns exemples:

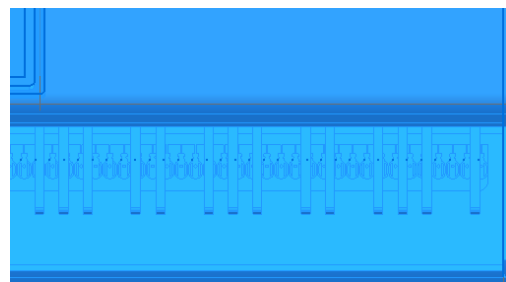
- Monitor LCD 17" extraïble (descarrega i lectura de partitures, facilitar al usuari trobar les partitures que desitja, evitar fer servir paper, mostrar tecles que pels per compondre).
- Micròfon (poder enregistrar les peces que està interpretant l'usuari, poder mitjançant el monitor corregir les errades que es comenten al interpretar una determinada peça).
- Sensor tecles (de cara a la interpretació reconèixer si el usuari està polsant la tecla correcta o no, cara a la composició per reflectir les notes que s'estan polsant, lectura & escriptura musical).
- Connexió auriculars (limitar al so a un nivell imperceptible col·locant feltre i activar micròfons dins la caixa de ressonància que només escolta el usuari que fa ús dels auriculars).
- Connexió MIDI (importar i exportar sons i peces del PC a piano, traducció sons digital-acústic).

Tanmateix, aquestes serien les funcions i ús que assolirà el piano:

Funcionarà igual que els altres piano, és a dir, mitjançant la pulsació de tecles que activen un mecanisme que colpeja les cordes que al entrar en ressonància, provoquen el so, però a més com s'ha mencionat mostrarà al usuari si està tocant el piano correctament, a partir d'una tauleta que es troba integrada en el propi piano, es mostrarà la partitura de la peça musical que aquest desitgi interpretar i també es reflectirà si la nota polsada és la que ha de ser o no, això es farà possible mitjançant uns sensors de pressió que es col·locaran sota les tecles.



Imatge 62. Tablet on es mostra la partitura i les tecles que toca l'usuari

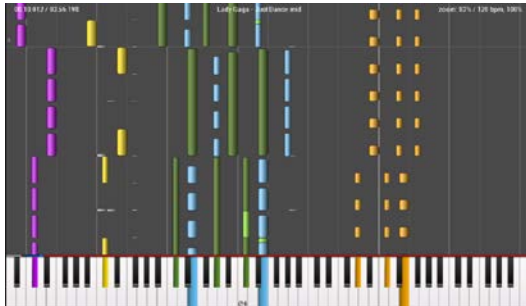


Imatge 63. Sensors de pressió col·locats sota les tecles

Cal afegir, que així també s'elimina la problemàtica de haver de passar les pàgines de forma manual, ja que la partitura anirà desplaçant-se en funció de la lectura del usuari, i per tant, aquesta anirà avançant a mesura que també ho faci el usuari. Aquest seguiment a part de ser donat pels sensors, per ser més precís, anirà ajudat per un micròfon que anirà contrastant que la freqüència de la nota polsada sigui la adequada, fent la funció de corrector/controlador.

Per altra banda, el piano ajudarà al usuari a compondre, mostrant en la tablet, a través d'un software i els sensors, les notes que anirà tocant i com es reflectirien en una forma constructiva gràfica, per poder observar les harmonies entre notes.

Cal afegir, que quan es requereixi, el piano pot activar la funció de escoltar el que es toca a través d'auriculars, això s'aconsegueix limitant l'impacte del mecanisme en les cordes fins a un nivell inaudible, però, uns micròfons incorporats en la caixa de ressonància enregistrarien el so que seria enviat al auriculars un cop activats, per a què, només l'usuari senti el que interpreta.



Imatge 65. Programa actual per compondre en piano



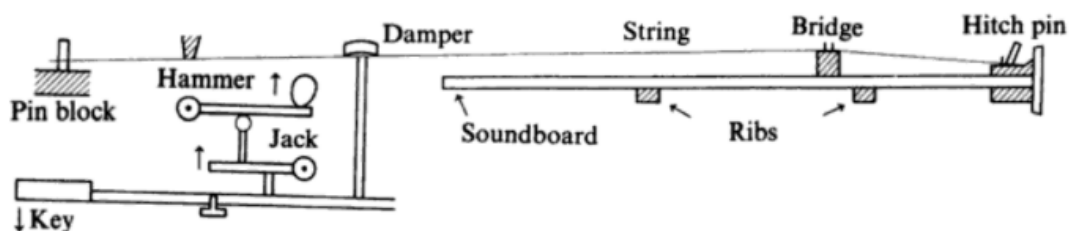
Imatge 64. Connexió auriculars en piano elèctric

Per últim, la darrera innovació d'aquest piano és que serveixi com a biblioteca musical, és a dir, que pugui emmagatzemar tant les partitures com les peces musicals que el usuari decideixi descarregar-se, per així, no només poder interpretar la peça mitjançant la partitura descarregada sinó que la pugui reproduir tant per uns altaveus com pels auriculars, amb la finalitat de que el usuari sàpiga com s'ha d'interpretar.



Imatge 66. Llistat de partitures de obres per descarregar

Per al que respecte als elements funcionals interns es respecta el model convencional, aplicant les variacions pertinents de mides.

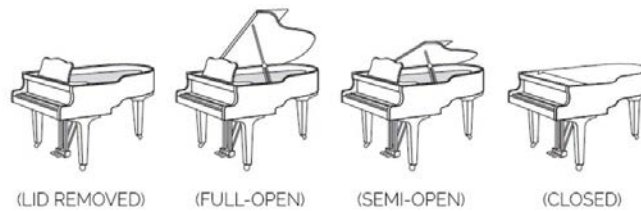


Imatge 67. Esquema de la disposició dels diferents elements interns en el piano

Mecanisme regulació tapa

Les dues funcions principals de la tapa superior del piano són que la caixa de ressonància quedi tancada i projectar el so cap al exterior, és a dir, regula la intensitat del so del piano, ja que quan major sigui la obertura de la tapa, més volum tindrà el so del piano.

Per tant, en funció del entorn on es trobi el piano, la obertura serà diferent, per exemple en escenaris, la obertura és de més de 45 graus, en escoles o cases, la tapa està gairebé tancada.



Imatge 68. Graus d'obertura de la tapa

Així doncs, en el piano s'ha de poder regular aquesta obertura, en molts casos es fa servir un suport vertical que va unit al anell del piano, i on la tapa s'hi recolza amb l'altura que es cregui convenient.

Imatge 69. Suport convencional tapa

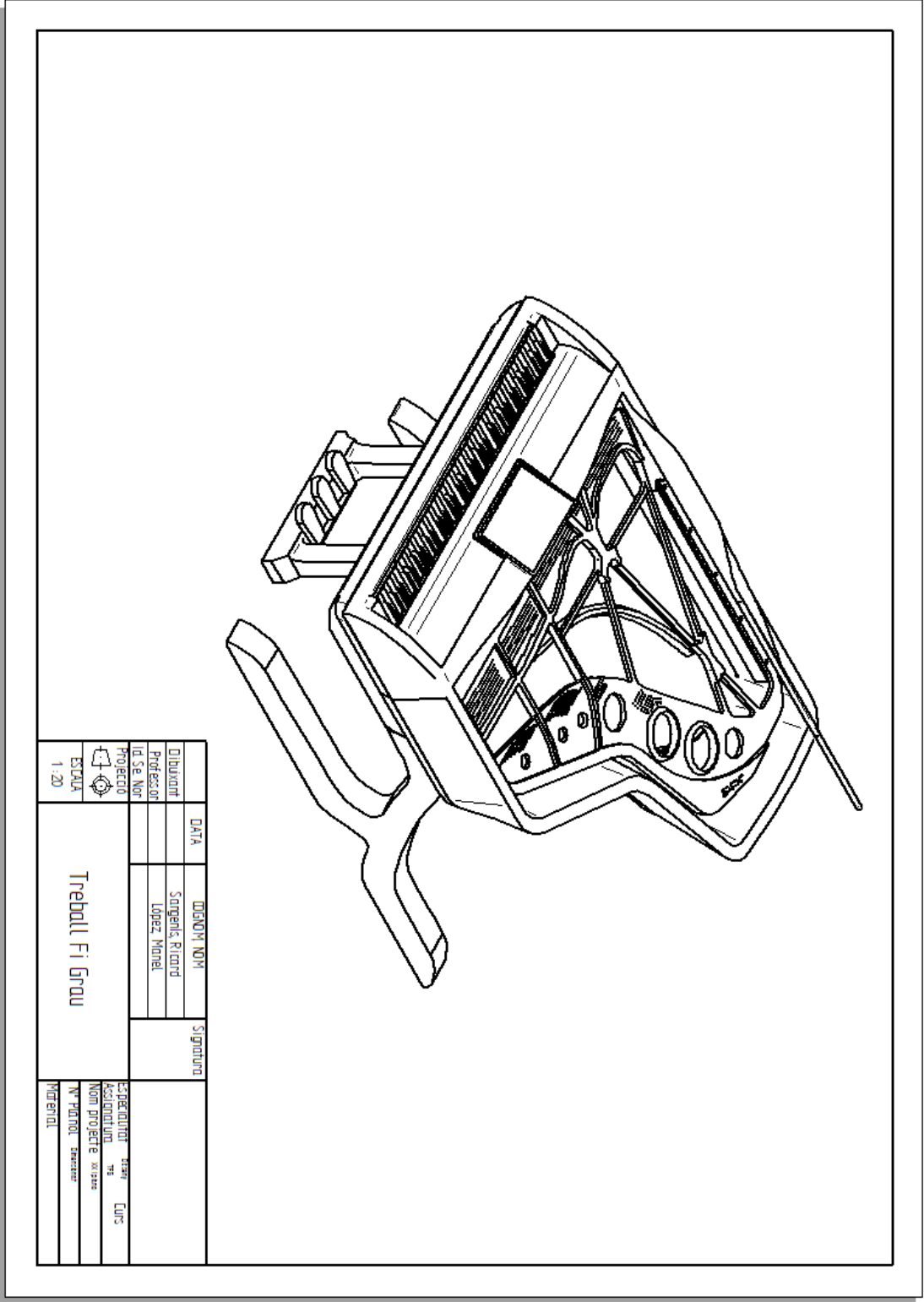
En el cas del projecte s'ha estimat canviar aquesta solució, degut a que el element sustentador, per la funció que té, hauria de passar més desapercebut. Així doncs, s'ha decidit col·locar una barra amb bancada a la tapa i en el anell, però en el lateral on es recolza aquesta (estil porta del maleter). I que aquesta barra tingui uns bloquejadors a cada posició d'obertura (per a estudis o per a escenaris). Així fent un triangle articulat sustentant i regulant la obertura de la tapa d'una forma més discreta.

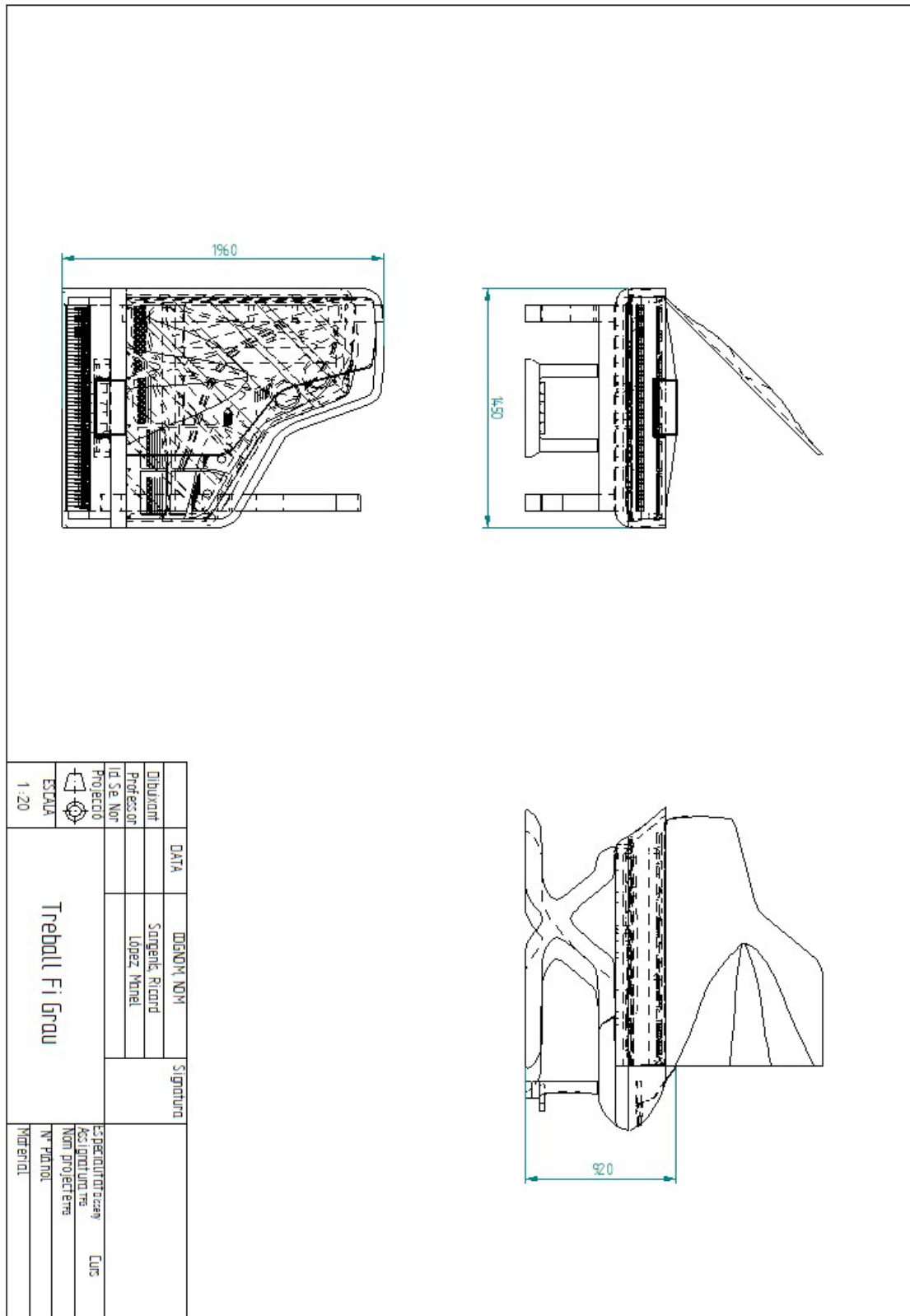


Imatge 70. Barra articulada en el piano

Definició formal i dimensional del producte final

A continuació es mostren dos plànols amb les vistes del conjunt; el primer s’hi expressa una vista isomètrica del piano, mentre que en el segon, alçat, planta i perfil, juntament amb les cotes d’alçada, amplada i llargada.





Dimensions generals piano: 196 cm llargada (piano de mitja cua)
 145 cm amplada
 92 cm alçada

Disseny i Estètica

Acabat superficial i Textures

En aquest aspecte s'opta per mantenir una línia conservadora amb el que hi ha a dia d'avui en el mercat, és a dir, el piano a desenvolupar tindrà una aparença superficial semblant a la dels pianos que hi ha al mercat actualment, ja que el negre piano és un dels trets més representatius d'un piano, i per tant, ajuda a familiaritzar al usuari amb el producte. Es tracta d'un acabat que manifesta la qualitat i la elegància del producte, mitjançant un vernís i pintura negra s'aconsegueix que la fusta quedi totalment uniforme, brillant i sense línies de gra. Cal afegir que no només es tracta d'un acabat agradable a la vista sinó també el tacte.

Així doncs, un cop construït el anell, tapa superior i altres parts externes del piano, que estan a la vista del usuari, cal polir-les per donar aquest acabat, primer s'utilitzen polidores radials de gra 320 o 500, llavors, la fusta ha de adquirir una tonalitat més clara, degut a l'absència de grans rugositats i al tancament dels porus, és a dir, s'emblanqueix la fusta per la uniformitat de la superfície.



Imatge 71. Exemple de pulidora emprada en el tractament de la fusta del piano

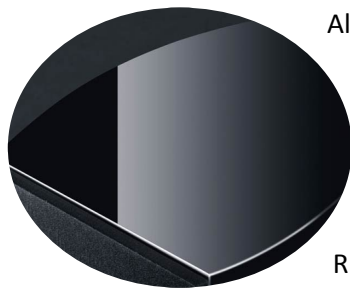
El següent pas per ja aconseguir el efecte mirall negre és fer una primera capa de lacat arreu de la superfície, seguidament és torna a polir tota la fusta però amb un gra de 1000, que és menys agressiu i li dona la textura definitiva a la fusta, i com a última etapa de polit, s'aplica un tractament d'ultrasons.

Llavors, s'apliquen dues capes de laca més i un vernís amb base de poliuretà aplicant-se amb un pinzell, que li dona brillantor i augmenta la duresa de la fusta (per evitar que es ralli amb facilitat), després de cada capa s'ha de deixar una hora de assecat per al final aplicar la pintura negra en diverses capes. Finalment, es frega manualment amb un drap als pocs dies de pintar.

Imatge 72. Laques i draps per l'acabat del piano

Color & Trim

Per al cos principal, com s'ha tractat en el apartat anterior s'utilitzarà el aspecte habitual d'un piano; el negre brillant o també anomenat precisament, negre piano. Això es degut a l'aplicació del mencionat vernís amb base de poliuretà en dissolvent, aigua o en pols.



Alta lluentor

Resistència química

Duresa elevada

Gran grossor de cada capa

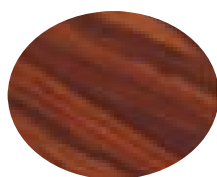
Rugositat inferior a N5 (≤ 0.0005 mm)

Cal esmentar que la majoria de pianos tant de cua com vertical són negres, ja que és un color que no només encaixa amb els valors del piano (elegància i classicisme) sinó també amb els entorns on serà usat, sobretot de cara als escenaris, on per exemple, el fons acostuma a ser negre o el esmoquin del intèrpret també ho és. Així que, el color negre es escollit per una raó de coherència.

No obstant, els fabricants de pianos de cua més experimentats com seria el cas de Steinway & Sons també produeixen pianos en altres colors, és a dir, utilitzant altres tints i colors, majoritàriament orientats a materials relacionats amb el piano (el marfil o fustes com la caoba, banús o altres exòtiques), de cara a una posada al mercat seria interessant oferir una certa gama cromàtica al usuari, ja que sempre es pretén mantenir el concepte de piano, això sí, incloent una certa distinció, aquests serien alguns exemples més clàssics:



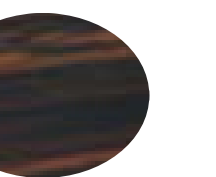
Pernambuco



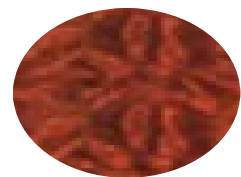
Per altra banda, com s'ha pogut



Pali



Banús

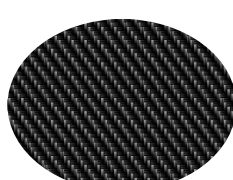


Caoba

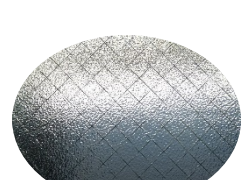
comprovar, actualment hi ha pianos, on la recoberta exterior està feta d'altres materials que no són fustes, com és el cas del piano Peugeot Pleyel o el Boganyí que estan fets de fibra de carboni. Aquest components externs no influeixen en la acústica del propi piano i tenen un simple funció estètica. Com es tracta en l'apartat de materials, la carcassa exterior acostuma a ser de fusta, però d'una forma més innovadora, podrien aparèixer nous materials i per tant, nous acabats com la pròpia fibra de carboni o l'alumini polit:



Alumini polit



Fibra de carboni



Vidre (transparent)

En el cas de les potes, com es decideix en el apartat de materials, estan fetes de bambú premsat, que tindria una aparença sembla a la següent:



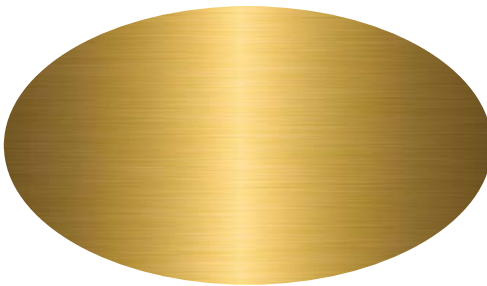
Uniformitat superficial i lluentor sense lacats

Color natural (sense pintures)

Difícilment penetrable o que es ralli

No cal mecanitzar ni polir (rugositat baixa)

Per últim, el cas dels pedals i del bastidor, que tindran una aparença molt semblant, que serà daurat or amb un cert acabat cromat/polit, com es habitual en els pianos, sobretot de cua:



Color Or 24 quilats

Acabat polit, rugositat inferior a N5

Lluminositat i brillantor elevada

Base metàl·lica i pintura superficial

Imatge corporativa i logotips

Per a l'elaboració de la imatge corporativa s'han escollit i lligat dos conceptes que fonamenten al piano, un, literalment, que són les "X" (representa el concepte visual) i l'altre com s'ha mencionat varis cops, la modernitat, fent referència al segle contemporani, és a dir, segle XXI. Per aquest motiu, s'ha decidit que el nom de la marca sigui:

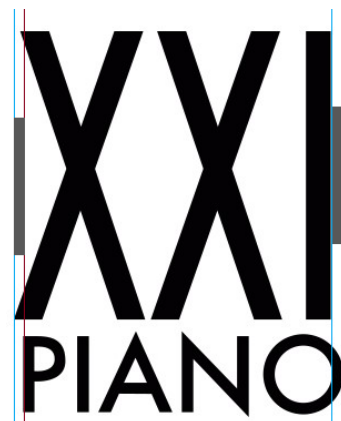
XXI Piano

Així doncs, tenint en compte les empreses referents del sector, el logotip desenvolupat pretén que encaixi en el que representa una empresa fabricant de pianos actualment amb el plus d'innovació present en XXI Piano, buscant la iconicitat, la escalabilitat, la llegibilitat i la pregnància, per a assegurar una implementació òptima en tot tipus de suports, així com un reconeixement instantani e inequívoc per part de la audiència.:



Imatge 73. Logotip

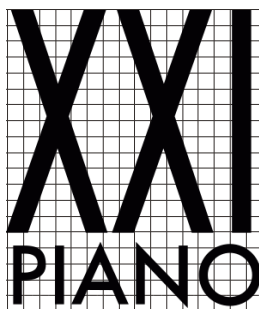
Amb la retícula pertinent, s'observa que el "XXI" és quatre vegades més alt que el "Piano", aquest últim comença després de la primera "X" però acaba després de la "I" per equilibrar.



Imatge 74. Relació alçades del logotip

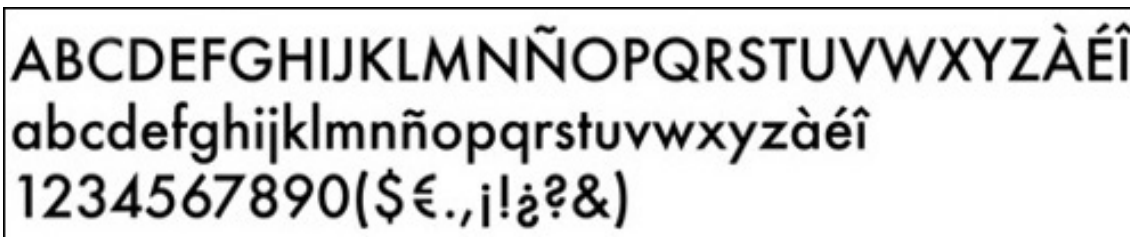
Imatge 75. Relació amplades del logotip

Tanmateix, la relació entre alçada i amplada del logotip és: $alç/amp = 1.17$.



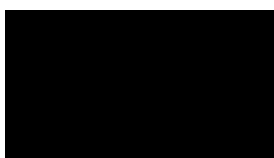
Imatge 76. Retícula del logotip

La tipografia utilitzada en la imatge corporativa, com és el cas del logo (tot i que estigui una mica manipulada), es tracta de la Futura, ja que es tracta d'una tipografia que tot i fos creada als anys 20, és força utilitzada actualment encara, ja que troba un equilibri entre la racionalitat (lletres creades a partir de formes geomètriques com el cercle o el quadrat) i modernitat (sense serifa), la Futura és una tipografia fàcilment llegible, clara i neta.



Imatge 77. Mostra de la tipografia Futura

Per altra banda, els colors corporatius de la marca són el negre i el blanc.



Significa la contraposició del poder/ força que transmet el negre, amb la puresa/netedat del blanc. Són els colors representatius del propi piano

#	000000	#	FFFFFF
R	0	R	255
G	0	G	255
B	0	B	255
H	11	H	11
S	100	S	0
L	0	L	100
C	100	C	0
M	100	M	0
Y	0	Y	100
K	100	K	0

Tot i ser colors oposats, en el grafisme de marca no competeixen sinó que es completen l'un al altre, aquests dos colors junts comuniquen d'una forma més potent que cadascun per separat, donant aquesta imatge d'equilibri i sobrietat.

Per últim, de cara a la lectura en qualsevol tipus de suport, ja sigui digital o tangible, és la millor combinació, ja que és ràpidament llegible el que posa pel contrast entre aquests dos colors, a part, que resulta més econòmic la impressió d'aquests dos colors que la dels altres.

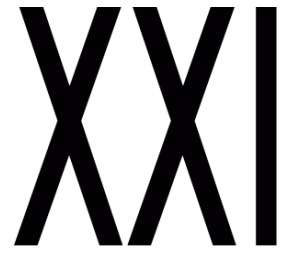


Imatge 78. Negatiu del logotip

La llegibilitat del logotip i favicon en funció de la seva mida fins a 8 mm:



32 mm



16 mm



8 mm



Imatge 79. Llegibilitat del logotip i del favicon

El eslògan de la marca, basat en el màxim tret diferenciador del XXI Piano (l'enregistrament de les notes musicals que el usuari polsa, en la partitura):

INSERT YOUR NOTES

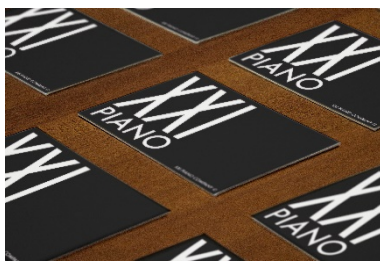
Referent a la gràfica del producte s'inclourà el logotip desenvolupat en blanc al costat esquerre del teclat com fan altres marques de pianos, fonamentalment, en els pianos de cua. En forma de segell de garantia de qualitat que dóna l'empresa en el producte.



Imatge 80. Incorporació del logotip en el producte



Imatge 81. Exemples de targetes de contacte de l'empresa



Industrialització: Material, processos i transport

Estudi i anàlisi dels Materials

Es començarà analitzant de que està fet un piano convencional i després també, un piano que hagi sigut dissenyat recentment, i així, fer una comparativa per veure fins on és viable incorporar nous materials, prioritzant les esmentades necessitats del usuari.

Així doncs, escollirem com a model estàndard un piano Steinway & Sons de cua, ja que els seus materials i tractaments són dels de més alta gama que hi ha al mercat actualment i és un referent de qualitat a nivell mundial. Com s'ha mencionat, la prioritat principal en la elecció dels materials que intervenen directament en la funció del piano és la potenciació del so del piano, és a dir, que amplifiquin l'acústica del piano, això fonamentalment en el que ve a ser al cos principal o caixa de ressonància del piano.

En el cas d'un piano de la sèrie D (de cua) de Steinway & Sons, la caixa de ressonància està conformada per 4 peces principals:



Imatge 82. Magatzem d'anells

L'anell és la vora de la caixa acústica, la peça que configura l'exterior del piano i conté l'estructura més significativa del mecanisme de l'instrument; està elaborat per una sòlida i única peça tractada i premsada formada vint làmines d'auró dur, fusta que per la seva alta densitat i propietats acústiques li donen la robustesa i fermesa que li confereixen fiabilitat i perdurabilitat.



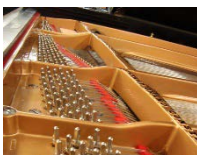
Imatge 83. Taula amb ponts

La taula harmònica es tracta de la peça de fusta on estaran recolzades totes les cordes, per a la seva confecció es fa servir un tipus de fusta d'origen canadenc: l'avet Sitka. L'avet és una fusta flexible i per tant capaç de vibrar i d'atorgar a aquests instruments una gran sonoritat, però alhora és forta com per poder suportar la tensió creada per les cordes del piano. Tot sigui dit, en molts altres pianos, es fan servir fustes més toves i econòmiques, ja que es considera que la taula harmònica no es tan important acústicament com l'anell, i així a la vegada baixar pes.



Imatge 84. Ponts

Els ponts de les taules harmòniques es fabriquen amb làmines de fustes dures amb una beta horitzontal coberta d'avet molt sòlid. Les cordes passen sobre el pont i aquest li transfereix la vibració i l'energia de les cordes a la caixa acústica.



Imatge 85. Claviller

El claviller, que sosté els afinadors en el seu lloc, és una altra àrea del piano on la duresa és important. Està fabricat en fusta dura, i generalment està

laminat (construït de múltiples capes) per a una força addicional i que així tensi bé les cordes.



Les corretges d'afinació són les peces metàl·liques en forma d'agulla on s'enrotllen les cordes, aquests es claven en el claviller per connectar les cordes amb l'estructura principal del piano. El material utilitzat per aquests components és acer tractat contra l'oxidació (bluing) amb recobriment de níquel a la part superior.

Imatge 86. Corretges d'afinació



Imatge 87. Cordes

Les cordes de piano que han de suportar un tensió molt elevada i cops del propi martell del mecanisme durant anys, estan fetes d'acer d'alta qualitat. Es fabriquen procurant que cada corda tingui el diàmetre pertinent, ja que totes les desviacions de la uniformitat introdueixen distorsió tonal. Les cordes greus d'un piano estan fetes d'un nucli d'acer embolicat

amb fil de coure, per augmentar la seva flexibilitat. (Longitud:

201 cm)



Imatge 88. Bastidor

La placa o el bastidor metàl·lic d'un piano es sol produir en fosa. És avantatjós que el plat sigui bastant pesat. Com que les cordes s'adjunten a la placa en un extrem, les vibracions que es transmetin a la placa provocaran una pèrdua d'energia respecte al canal de transmissió de so desitjat (eficàç), és a dir, al pont i la caixa de ressonància. Alguns fabricants ara utilitzen acer en els seus

plaques, per obtenir una major força.

El martellet, el component del mecanisme que colpeja les cordes està fabricat d'auró i el recobriment de la part superior és de feltre de llana. **El amortidor**, component del mecanisme que frena la vibració de les cordes es produeix mitjançant els mateixos materials.

Les tecles estan fetes d'abet europeu, són alleugerades, amb diferents tractaments: anti-lliscament, anti-estelles, inoxidable. (longitud tecla: 62,2 cm).

El recolzador de les tecles, el tauló està fet de fusta d'abet.

Els pedals són de llautó

Ara s'estudiarà quins són els materials que formen els diferents components del Peugeot Pleyel Piano, avaluat anteriorment en recerca de precedents. S'escull com a model de piano dissenyat i produït en els últims anys.

Cal mencionar que es tracta d'un piano dissenyat per DesignLab de Peugeot juntament amb l'empresa fabricant de pianos francesa Pleyel, aquest piano no s'arribarà a produir en massa sinó que és un exercici de disseny per a plasmar una nova conceptualització del que podria ser un piano adequat a l'actualitat, amb unes línies més actualitzades que les d'un estàndard. Així doncs, s'ha de contemplar que el Peugeot Pleyel no té un pressupost molt estricte, i això té rellevància en diferents camps, com ara els materials.

La coberta principal exterior que cobreix la caixa de ressonància està formada per dos peces de fibra de carboni.

El peu és un sol component de fibra de carboni amb una estructura interior de acer que suporta tot el pes del piano, recordant, juntament amb aquest component s'eleva a un total de 614 kg.

El mecanisme utilitzat és el model Renner, molt habitual en pianos d'alta qualitat, conformat fonamental per fustes toves, juntes metàl·liques i feltre en el martellet.

El bastidor que bordeja la caixa de ressonància en aquest cas està fet d'un compòsit plàstic.

La resta de l'element funcionals (caixa de ressonància, cordes, tecles, claviller,...) no es concreta en cap document de quin material està fet però són aparentment, i per lògica funcional, semblants als d'un piano convencional.

	Steinway & Sons Model D	Peugeot Pleyel Piano
Coberta exterior	Fusta d'auró	Fibra de carboni
Peu	Fusta d'auró	Fibra de carboni
Mecanisme	Fusta d'auró	Fusta d'auró
Bastidor	Acer o fosa	Compòsit plàstic
Anell	Fusta d'auró	--
Ponts taula harmònica	Fusta d'avet	--
Taula harmònica	Fusta d'avet	--
Claviller	Fusta dura	--
Cordes	Filament d'acer amb coure	Filament d'acer amb coure
Tecles	Fusta avet	Compòsit plàstic

Imatge 89. Taula de materials utilitzats en el model D de Steinway & Sons i en Peugeot Pleyel Piano

Això ens servirà de guió orientatiu, a l'hora de saber quins seran els materials idonis per la elecció del nostre piano, tot i que, s'hauran d'aplicar altres premisses de disseny en la recerca de materials per veure s'hi hauria tercers vies, enlloc d'aquest dos camins, encara que, és clar que les parts funcionals de ressonància del piano (han de ser obligatòriament de fusta per un qüestió de qualitat sonora).

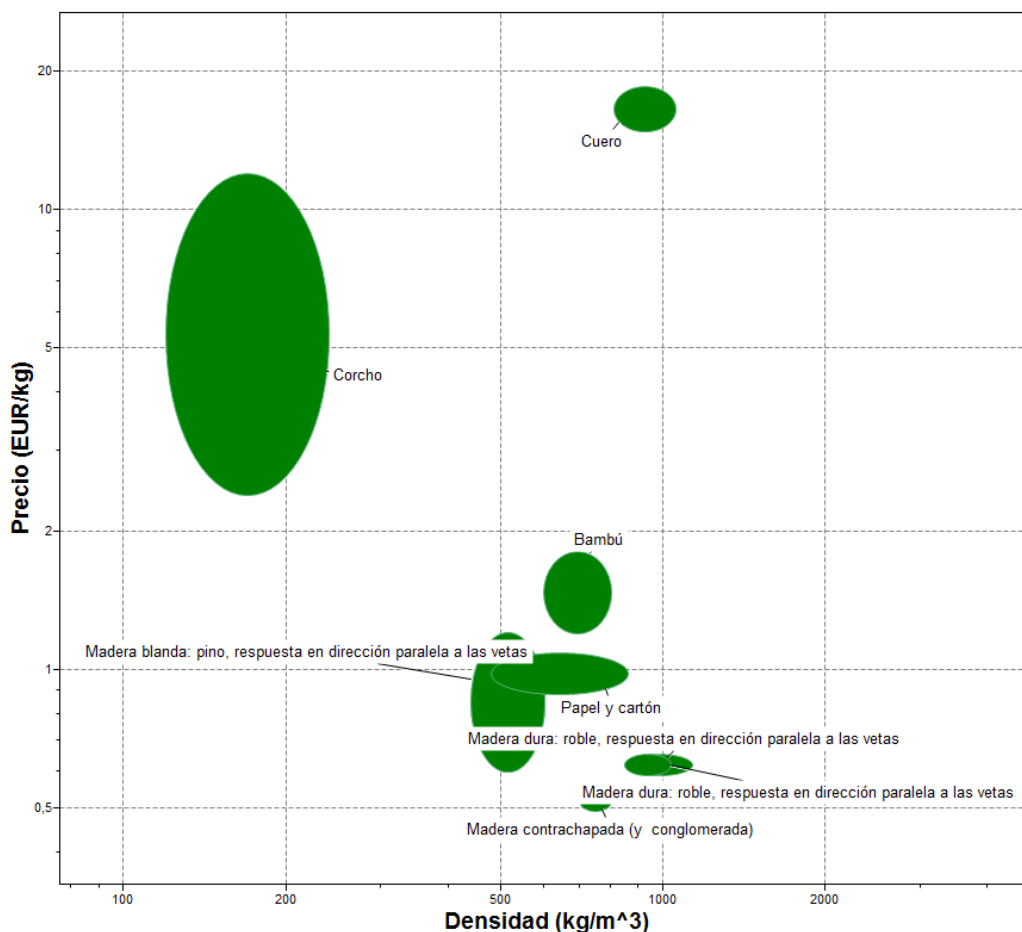
En canvi, com es veu en el cas del Peugeot Pleyel Piano, les parts externes o que no estan estrictament lligades a la vibració/ressonància de les cordes són de materials més tecnològics.

Així doncs, ara caldria trobar el materials adequats per a la nostra proposta tenint en compte la informació recopilada prèviament sobre quins materials formen els dos tipus de piano. Per a

aquest motiu, s'utilitzarà l'eina Edupack per a contrastar les diferents qualitats que haurà de tenir el nostre piano en funció de la peça, hi haurà una característica, la fonamental, que és la ressonància acústica, que no es podrà avaluar però gràcies a l'estudi realitzat sabem que els materials més efectius són la fustes.

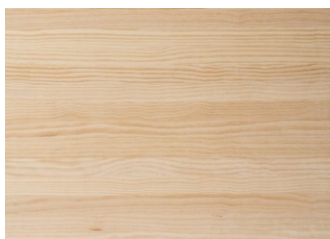
Per tant, altres característiques a avaluar seran: el preu per kilogram, la densitat (es pretén que sigui lo més lleuger possible, la resistència a humitats/fatiga/impactes (cas tecles i cordes), tensió normal (cordes) o resistència a tracció pels recolzaments.

Primerament, el que és més evident després d'aquest petit estudi, és que la caixa de ressonància ha de ser de fusta, ja no només es tracta del cas del piano sinó de tots aquells instruments de corda que han de fer ressonar la vibració de la corda. Així doncs, cal decidir quin tipus de fusta estarà fet el cos principal. Cal establir que del rang de fustes a escollir es seleccionen les fustes dures; provinents d'arbres com el roure, pollancre o el faig, destaquen per tenir una major capacitat de ressonància i una major consistència, tenen una densitat més alta (d'uns 1000 kg/m^3) i la gran quantitat d'aquest material fa viable la industrialització en massa d'aquest material des de l'antiguitat (0,5 a 0,6 Euros/kg).



Imatge 90. Gràfica de materials relació preu-densitat

Taula harmònica i ponts → fusta d'abet europeu



La gran majoria de fabricants de pianos fan servir aquest material simplement variant l'origen del avet, on les diferències tampoc

són gaire significatives, excepte en el preu, si s'ha de exportar, tractar, etc. Aquest tipus de fusta destaca per la capacitat de ressonància i reverberació, per altra banda, es tracta d'una fusta elàstica i fàcilment manipulable.

Anell/cos caixa ressonància → llom fusta d'auró, nucli fusta contraxapada i cobert fusta noguera



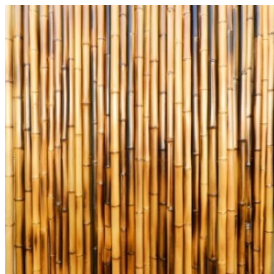
Per a aquest component, hi ha diferents tipus de combinacions de fusta viables, però s'escull la fusta d'auró per la relació ressonància/preu i el fàcil tractament per a corbar la pròpia fusta, nucli fusta contraxapada només ha de donar consistència no cal que sigui de primera qualitat per tant, opció econòmica, i per últim, per el recobriment es decideix utilitzar una planxa d'alumini ja que és més fàcil de tractar per fer superfícies corbes, baixa densitat i millor perdurabilitat.

Mecanisme → compòsit de fibra de carboni amb resina epoxi (WNG piano action)

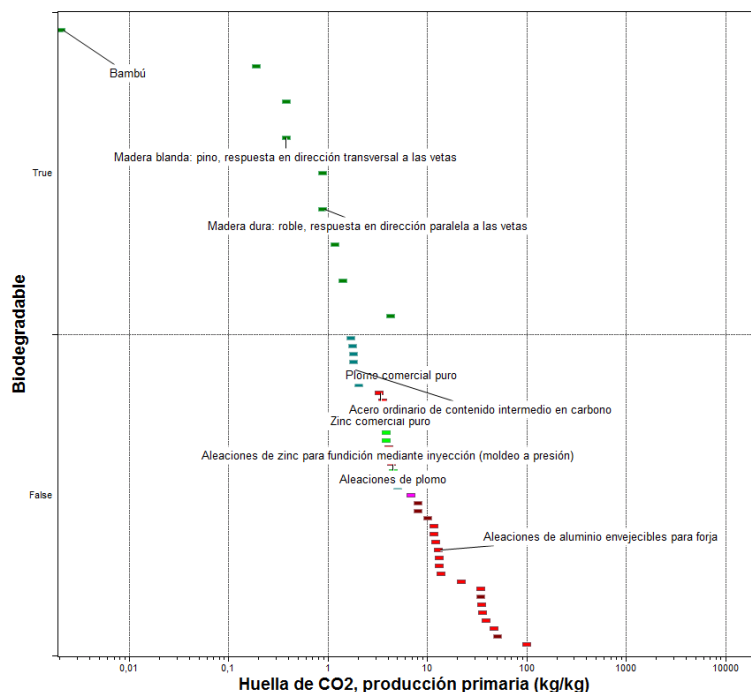


S'escull aquest mecanisme pels materials que utilitza, ja que en el mecanisme, geomètricament parlant és molt semblant als habituals, però en el mecanisme no és té en compte la premissa de la ressonància, i per tant, altres materials són aptes com és el cas d'aquest compòsit que resol problemes que té la fusta, com les variacions degut a la humitat, la pols, la fatiga,... la pèrdua de tensió de fibres, és a dir, la consistència de la fusta amb el pas dels anys, així doncs, amb aquest material el mecanisme no devaluarà amb el pas dels anys i el martellet (llana) seguirà colpejant les cordes amb la mateixa força.

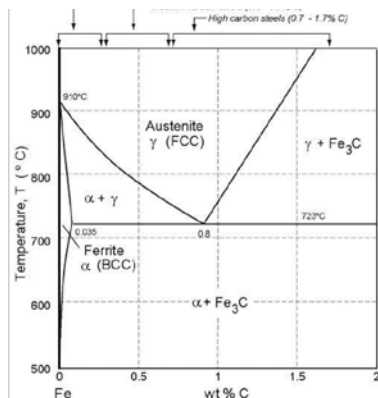
Potes o peu al terra del piano → estructura interna bambú Tali



El bambú és un material utilitzat en diverses aplicacions i àmbits per la seva baixa densitat (800 kg/m^3) però la seva elevada resistència a flexió i tenacitat ($7 \text{ MPa per m}^{1/2}$), i evidentment, un material molt sostenible, fàcil d'aconseguir, de tractar i de reciclar, així doncs, el preu de fabricació del component és molt més baix que un actual, ja que aquest component només es veurà sotmès al pes del propi piano, 300 kg aproximadament (vist l'estudi) que podria suportar tenint en compte la geometria i dimensions d'aquest.



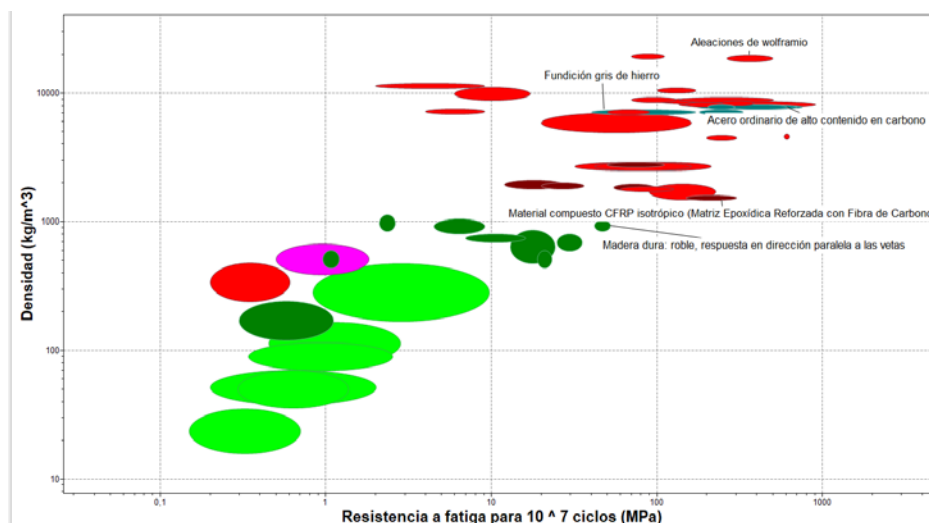
Imatge 91. Gràfica on es mostren les principals avantatges del bambú, el material més biodegradable i el que menys petjada de CO2



Imatge 92. Diagrama fases acer, zona vermella és l'escollida

El bastidor i cordes → acer alt en carboni 1080 (0,5–1,7 % C) i acer ASTM A228, respectivament. L'acer és un material idoni per a aquest components, per la seva densitat (7850 kg/m^3) ja que ha de ser d'un material pesant per a la distribució de pesos (bastidor) i per evitar amortir vibracions (cordes) coeficient dissipació vibració, tan delta és proper a 0. Tanmateix, les propietats mecàniques d'aquest, ajuden a que sigui escollit: 500 MPa de resistència a fatiga i 1000 MPa de resistència a compressió. L'energia necessària per tractar-lo i reciclar-lo és relativament baixa, lo que fa que sigui un material viable des d'un punt medioambiental.

Les cordes del piano han de suportar una tensió d'entre 12-14 kg per cm^2 , així doncs depenen la llargada caldrà un recobriments de alumini (material lleuger per donar consistència a les cordes més greus).



Imatge 93. Comparativa entre densitat i resistència a fatiga. L'acer té millor relació que els compostos i les fustes, més econòmic que altres metalls

Diferents materials aptes per conformar el bastidor i cordes:

Material	Resistència	Pes	Preu	Reciclable
Alumini	Mitja	Baix	Mig	Sí
Acer	Alta	Mig	Mig	Sí
Ferro	Alta	Molt alt	Baix	Sí
Titani	Molt alta	Baix	Alt	No
Coure	Mitja	Baix	Alt	Sí

Imatge 94. Comparació metalls per al bastidor i cordes

Tecles i claviller → ivori artificial/fenòlics

Recolzament → bambú



En aquest aspecte s'és conservador, és a dir, s'escull un material habitual perquè és l'únic component amb el que el usuari interactuarà, i és convenient que li resulti familiar, que el comportament de les tecles sigui el mateix que el dels altres pianos (tacte, retorn, duresa,...) Cal comentar que originàriament, l'ivori era el material utilitzat per les tecles, per això, el recobriment segueix sent d'aquest material però elaborat de forma artificial (Ivorite) ja que està totalment prohibit l'ús del ivori natural.

Components acústicament no funcionals (pedals/tapa superior) → M-Wood2



Es tracta d'un material compostat de fusta i plàstics reciclats, per tant, és 100 per 100 reciclat i reciclable, combina els avantatges del dos tipus de materials, de la fusta: la seva textura/aparença, baixa expansió tèrmica, resistència als UV i afegint-hi un major durabilitat que les convencionals, per altra banda, els plàstics: no requereix vernissos ni químics per mantenir les seves propietats, baixa absorció humitat, ecològic i augmenta la resistència a esquerdes, ruptures,...

Taula resum dels materials que es farien servir segons el component:

Proposta a desenvolupar	
Coberta exterior, tapa i pedals	M-WOOD2/fusta noguera
Peu	Bambú
Mecanisme	Fibra de carboni/resina epoxi
Bastidor	Acer (0,5-1,7% de carboni)
Anell	Fusta d'auró
Ponts taula harmònica	Fusta d'abet
Taula harmònica	Fusta d'abet
Claviller	Fusta de roure
Cordes	Filament d'acer amb alumini
Tecles	Ivorite / fenòlics

Imatge 95. Taula de materials escollits per a cada component

La resta de components sobretot d'unió com ara: cargols, femelles, rodets, pins del claviller o frontisses són peces estandarditzades, així que les seves dimensions i materials venen donats per la normativa corresponent.

A continuació, s'adjunta taula on es mostren diferents paràmetres de cada tipus de fusta que poden fer-se servir en algun component del piano, a partir del llibre: Acoustical properties of wood in string instruments soundboards and tuned idiophones: biological and cultural diversity de Brémaud.

Tipus de Fusta	Densitat ρ (kg/m ³)	Mòdul Young E_L (GPa)	Velocitat del so V_L (m/s)	Radiació V_L / ρ (m ⁴ /kg·s)	Q_L	ACE $Q_L \cdot V_L / \rho$	Impedància $V_L \cdot \rho$ (10 ⁶ kg/m ² ·s)
Avet noruec	460	13.5	5350	11.41	125	1426	2.50
Avet Stika	470	12	5100	10.86	131	1422	2.39
Pi Blanc	380	10	5200	13.69	116	1588	1.97
Sequoia	380	9.5	5000	13.15	209	2750	1.90
Tsuga	440	8.4	4400	10	126	1260	1.94
Cedre vermell	400	6.5	4000	10	174	1740	1.6
Xiprer italià	450	5.7	3560	7.69	97	745	1.6

Imatge 96. Característiques acústiques de diferents tipus de fustes

$E_L \rightarrow$ Mòdul de Young en direcció paral·lela a les fibres de la fusta

$V_L \rightarrow$ Velocitat del so en direcció paral·lela a les fibres de la fusta

Radiació (V_L / ρ) \rightarrow És la capacitat que té un material per transmetre energia/ones sonores a través d'aquest.

$Q_L \rightarrow$ paràmetre adimensional que mostra el grau d'amortiment un oscil·lador o ressonador i caracteritza l'ample de banda d'un ressonador pel que fa a la seva freqüència central. Una Q superior indica una menor pèrdua d'energia relativa a l'energia emmagatzemada del ressonador; les oscil·lacions moren més lentament.

ACE (acoustic conversion efficiency) \rightarrow Eficiència de conversió acústica, vindria a ser el rendiment de la fusta, és a dir, la relació d'energia absorbida respecte la total emesa.

Impedància ($V_L \cdot \rho$) \rightarrow Es la resistència que oposa un medi a les ones que es propaguen sobre este i per lo tant, és equivalent a la impedància elèctrica, és a dir, una forma de dissipació de energia de les ones que se desplacen en un medi, en aquest cas la fusta.

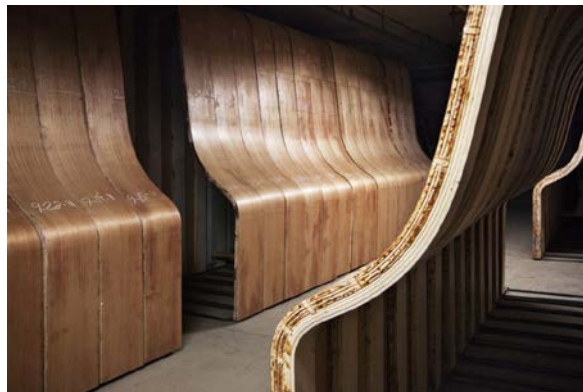
Estudi i anàlisi de Processos i Fabricació/Muntatge

En primera instància, caldria estudiar els processos de fabricació actuals en la majoria de pianos, i llavors valorar segons el material si és viable mantenir els mateixos processos o fer variacions que optimitzin la producció, tant a nivell econòmic com acústic.

Corbar l'anell exterior del piano

El mètode de flexió original de fusta encara s'utilitza i és el primer pas per muntar el piano de cua. Les capes de fusta d'auró de fibra llarga s'enganxen i es dobleguen en una premsa metàl·lica aplicant-hi calor i modelant-la per formar una planxa contínua; tant la vora interior com l'exterior es fan d'aquesta manera. Fins a 22 capes conformen cada anell de piano, i les capes poden ser de fins a 7,62 m de llarg. La cola de resina s'aplica mitjançant la màquina, i després les capes es porten a la premsa on s'estructuren. Els anells s'emmagatzemen en estants per evitar que canviïn de forma. Són guardats en condicions controlades de temperatura i humitat fins que la fusta compleix amb un contingut d'humitat específic on es mantindrà el seu contorn. La corba interior doblegada s'adapta a continuació amb altres components de fusta: la taula harmònica, el claviller o els ponts. Aquests s'uneixen per mitjà d'una resina.

El anell exterior es tracta tant per millorar les propietats sonores així com per a l'aparició. Aquest és lacat perquè homogeneïtzar les superfícies, es blanqueja la fusta per igualar l'aparença de la coberta exterior. La superfície es lacada de nou, s'afegeixen esmaltats especials (per antiquar o altres efectes) seguits de dos passades més de laca, es torna a fer polir, s'afegeixen adorns especials i s'utilitzen dos capes finals de laca. El anell s'asseca fins a 21 dies abans que es fregui manualment íntegrament.



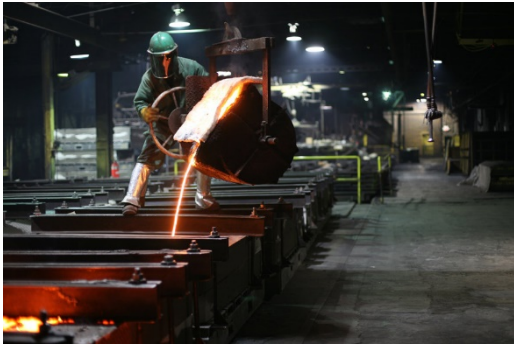
Imatge 97. Acondicionament dels anells un cop formats

Realització dels components estructurals

Els altres components més rellevants a part la caixa de ressonància el claviller i la placa/bastidors, són les parts del piano que suporten la tensió de les cordes. Les capes laminades del claviller també estan enganxades a diferents angles entre sí, de manera que les corretges d'afinació estiguin envoltats de fusta compactada. El claviller té un forat per corda, és a dir 240 forats.

El bastidor de fosa es realitza per motlle de sorra. Aquest té la mateixa forma que l'anell de fusta dissenyat amb peces superiors i inferiors per a que coincideixin. Els motlles de sorra es

fabriquen a partir dels plànols del anell. El ferro fos s'aboca a través dels motlles i s'endureix durant el procés de fundació (un procés de refredament controlat) per produir una placa que pesa uns 270 kg. Una vegada que el bastidor es refreda i s'extreuen dels motlles, i es buiden de sorra. La placa es transporta a una sala de perforació on es perforen forats per a les corretges d'afinació, nanses, pernys i gravats si s'escau. Les palanques d'unió s'insereixen a continuació; llavors s'eliminen les impureses de la fosa de la planxa per mecanització o fressat. S'apliquen uns olis. La placa es poleix a mà, es frega i es pinta.



Imatge 99. Procés colada ferro fos en el motlle bastidor



Imatge 98. Gravats i tractament del bastidor

El bastidor es suspèn sobre el seu piano durant el procés de muntatge. La placa baixarà i s'alçarà dins i fora del piano diverses vegades com el claviller, per finalment, segellar-se contra la vora i s'adaptarà a la taula harmònica i els ponts.

Creació de la taula harmònica

La taula de ressonància és un tauló de fusta d'avet col·locat sota les cordes i el bastidor. Peces que la formen són la pròpia taula, les costelles a la part inferior de la taula i els dos ponts sobre els quals s'estenen les cordes. La taula de so té 0,635-0,95 cm de gruix; actua com un ressonador natural, cal que sigui consistent per donar-li potència al ressò però lleugera per a que puguin ressonar les cordes. L'avet és assecat a l'aire lliure i posteriorment, en un forn on s'asseca en una determinada condició d'humitat. Es talla a tires que tenen entre 5-13 mm d'ample, s'enganxen amb resina i s'assequen. Es dimensiona un patró, i la caixa de ressonància es retalla a la mida del anell. La taula de so es corba per produir el so adient. La corba s'anomena corona que arqueja cap amunt, cap a les cordes. L'arc es realitza ajustant les costelles a la part inferior del tauler. Les costelles es tallen acuradament a partir de patrons, col·locats i enganxats a la taula harmònica mitjançant una premsa de costelles que col·loca les costelles amb precisió, i obliga a la placa a tenir la curvatura corresponent.

Els dos ponts transmeten les vibracions de les cordes al llarg de la seva longitud a la taula de so. Els ponts es col·loquen per corbar amb la corona i suportar les cordes, que exerceixen una pressió de baixada sobre els ponts i, per tant, a la taula de so. Aquesta pressió ha de ser recolzada per la força dels ponts i l'arc de la corona, o es reduirà el to de les cordes. Els ponts estan fets de blocs sòlids de fusta o de fusta laminada. Els ponts s'han de col·locar amb el laminat perpendicular a la taula de so o les capes de cola tenen un efecte amortidor. Els ponts estan enganxats a la caixa de ressonància i també s'uneixen a ella amb cargols de fusta.



Imatge 100. Ensamblament de la taula harmònica i els ponts amb la resta de la caixa harmònica per mitja de premses

Col·locar i ajustar les cordes

La corda de piano es realitza en llocs especialitzats i es compon de filferro d'acer al carboni. Les cordes de baix també estan embolicades amb bobines de coure en un procés anomenat carregar les cadenes. Els bobinats afegeixen pes i espessor a les cordes del nucli d'acer perquè vibrin més lentament i es puguin fer sons que requeririen una corda molt més llarga; sense càrrega, les cordes de baix haurien de ser de 9.14 m de llarg per produir els seus sons. Les cordes triples són curtes, no són recobertes amb coure, però s'agrupen en tres per fer un to. Les notes Do s'utilitzen com a estàndards per a cada corda, que actuen com a indicador de cada tipus de filferro segons l'octava i determinen quantes mides de corda es necessiten; fins a 17 diàmetres diferents de filferro es pot utilitzar per encadenar un piano. Les cordes de piano requereixen cura i manipulació especials, ja que després de tallar-les i posar-les dins la caixa de ressonància no es poden tornar a enrotllar. Després es lliguen les cordes a les pertinents corretges d'afinació que es posaran en els forats del claviller.

Construir el teclat i el mecanisme

Els fabricants especialitzats produeixen el recolzament pels teclats, tecles i els mecanismes. Les tecles s'equilibren i pivoten sobre el dos guies anomenades capstans que es cobreixen amb feltre per evitar el soroll inadequats. Les tecles estan fetes de fusta lleugera tallada a mida i asseada en forns. Les claus estan cobertes de plàstic negre o blanc, ja que en el passat s'utilitzava ivori (tecles blanques) i banús (tecles negres). Les tapes de plàstic es fonen per cobrir un grup de tecles que es tallen de forma individual. Els forats es perforen a la part inferior per adaptar-se a les guies. Els cargols de capstan estan muntats a part superior del teclat que s'estenen dins del piano; el mecanisme es recolza sobre aquests. Les tecles estan un cop tallades en 88 unitats, que es llixionen i poleixen als costats. Seguidament, un cop muntat el teclat es posa sobre el recolzament.

La veu del piano depèn de la qualitat dels martells. A la història del piano s'han utilitzat molts materials, entre els quals destaquen els martells, amb un feltre de llana superior de densitat graduada de precisió. El feltre està fet per especialistes que tracten amb llana seleccionada que està cardada, plegada i comprimida en feltre en tires còniques. El feltre més fi s'utilitza per als martells triples, mentre que el feltre gruixut s'utilitza per al baix. El nucli de cada martell està fet de fusta, i un feltre inferior i superior està enganxats amb resina. Els capçals de martell estan fets amb tires llargues de la mateixa mida, tallades a martells individuals manuals o automatitzades.

S'afegeixen les parts finals, incloent els pedals i els seus amortidors, la coberta de la tecles, el bastidor de música, el faristol, les frontisses i la tapa superior, el topall que suporta la tapa elevada i molts altres detalls. Totes les peces es fabriquen acuradament perquè s'adaptin bé i no es moguin ni afectin el so de l'instrument.



Imatge 101. Cadena de montage d'una empresa fabricant de pianos

Aquestes són les guies per la fabricació dels diferents components i el muntatge d'aquests per fer un piano de cua, així doncs, s'haurà de seguir aquestes passos majoritàriament, ja que no es pretén que el resultat a nivell qualitatiu disminueixi per voler provar coses noves.

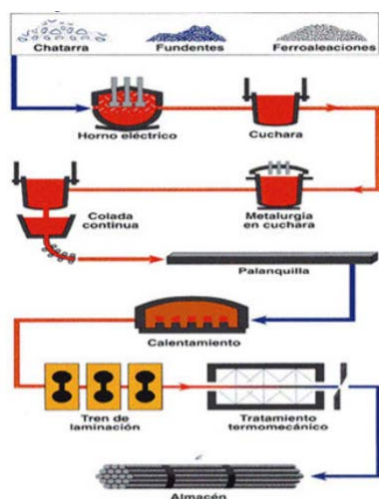
Processos escollits

A l'hora de fabricar el cos interior del piano, és a dir, la caixa acústica de ressonància, s'haurien d'utilitzar uns procediments de fabricació i muntatge molt semblants als mostrats, així doncs, en el cas plantejat, el disseny de la caixa de ressonància permet que el anell es fabriqui per separat i rebi el tractament de assecat prèviament i els lacats un cop ja units els diferents components. Així resulta més fàcil el muntatge, el preu disminueix (ja que s'evita corbar la fusta i que hagi de ser un component molt gran a tractar) i facilita el manteniment. S'haurà de segellar bé cada unió i per l'interior homogeneïtzar la superfície el màxim possible, després caldria guardar-lo en condicions molt específiques com el cas estudiat i recobrir-lo amb la làmina d'alumini a posteriori. La taula harmònica i els ponts si que es fabricaria seguint els passos del anterior estudi, laminació de la fusta i adhesió de les diferents capes.

Els ponts harmònics es produirien mitjançant la unió de làmines de fusta a través de la consolidació per ultrasons, al ser peces més petites i no hi ha problemàtica amb la geometria de la peça, el procés seria viable, i així més econòmic i ràpid comparat amb el de la taula harmònica o cos principal que és fent servir premses i unió manual amb resines.

Per altra banda, el bastidor s'elaboraria d'acer reciclat; per mitjà de processos de forn d'arc elèctric, com és un component que no requereix un gran acabat ni unes altes prestacions mecàniques o d'un altre tipus, es pot aprofitar peces d'acer acer ja usades, per a contribuir al estalvi energètic i econòmic del disseny.

Fondre'ls en un forn elèctric i afinar-los per a eliminar impureses i aconseguir la composició necessària de quantitat de ferro i carboni en la fundació, llavors només caldria incorporar aquest acer fos en motlles de sorra, que pel volum de producció i la geometria (gran però senzilla) / acabats (no exigents) de la peça és el procés que surt més a compte. A continuació, es realitzaria el desmoldeig mitjançant vibracions mecàniques seguit d'un desbarbat i granallat per la neteja i acabat de la peça i finalment, un tractament tèrmic



Les

Tabla 5.2. Perfil medioambiental del acero [Lawson, B.; 1996] [World Bank Group, 1998]:

Energia	19	MJ / kg producto
Materias primas		
Ganga de hierro	1500	kg / t producto
Piedra caliza	225	kg / t producto
Carbón (en forma de coque)	750	kg / t producto
Emisiones		
Escoria	145	kg / t producto
Escoria granulada	230	kg / t producto
Agua residual	150000	l / t producto
Emisiones gaseosas (incluyendo dióxido de carbono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno)	2	t / t producto
[DESGLOSE] :		
Dióxido de carbono (CO ₂)	1,950	t / t producto
Óxido de nitrógeno (NO _x)	0,003	t / t producto
Óxido de sulfúrico (SO ₂)	0,004	t / t producto
Metano (CH ₄)	0,626	kg / t producto
Componentes orgánicos volátiles (COV _{tot})	0,234	kg / t producto
Polvo	15,000	kg / t producto
Metales pesados	0,037	kg / t producto
(Pb,Cd,Hg,As,Cr,Cu,Ni,Se,Zn,V)		

Imatge 103. Resum gràfic del procés de reciclatge del acer

Imatge 102. Cost energètic, material i emissions per fabricar 1000 kg d'acer

cordes es realitzen per extrusió en fred degut a la seva geometria (gruixos molt petits) i les tensions que haurà de suportar aquesta, les toleràncies són molt petites ja que qualsevol variació de gruix es tradueix en una distorsió sonora.

Tant el mecanisme i el recobriment de les tecles, que s'ha concretat que serà de fibra de carboni amb resines epoxis i fenòlics es fabrica per impressió 3D, ja que la perdurabilitat i duresa ja estan implícites en el material. La impressió 3D (boquilla calentada) és un procés assentat que assegura una qualitat òptima per un cost molt reduït, cal estipular que aquests components tampoc patiran grans tensions ni esforços.

I en darrer lloc, el peu que està fet de bambú;

Extracció: després de 4-5 anys les canyes de bambú són llestes per a ser collides, aquest és un breu període de temps en comparació amb les fustes quotidianes, és per aquest motiu que el bambú resulta un material tan ecològic, ja que creix molt ràpid, es pot aconseguir tenint una plantació sostenible i és molt fàcil de dipositar en el medi.

Assecat: Una vegada s'han extret les canyes de bambú arriba el moment del segat d'aquestes, ja que contenen una gran quantitat d'aigua a l'interior que no interessa conservar. Existeixen diversos mètodes de dessecat, però es farà mitjançant una estufa solar. Aquest mètode consisteix a aprofitar l'energia solar per escalfar l'aire que passa a través del bambú. S'utilitzen col·lectors solars, i el nivell de temperatura depèn de les condicions climàtiques del lloc pel que es realitza en països tropicals, a prop del lloc d'extracció del bambú. La velocitat de l'aire calent es regula per mitjà de ventiladors i la humitat amb finestres. És el mètode natural més ràpid per al dessecat del bambú i disminueix el risc de cremades i esclats de l'assecat a l'estufa, ja que aquí els canvis de temperatura són menys dràstics. En aquest procés el bambú adquireix un color marró molt semblat a la fusta.

Tractament: Una vegada tenim el bambú sec, estarà llest per a la seva extracció en forma de taules horitzontals que es col·locaran unes amb altres en un premsa vertical.

El següent pas és encolar la pròpia fibra de les taules de bambú, s'aplica una alta pressió creant un aspecte de fusta molt elegant i irregular. La compressió augmenta la densitat, d'uns 700 kg / m³ a més de 1000kg / m³, això dona lloc a un producte amb una duresa superior a totes les fustes existents. L'aspecte final és el d'una fusta amb una tonalitat ataronjada.

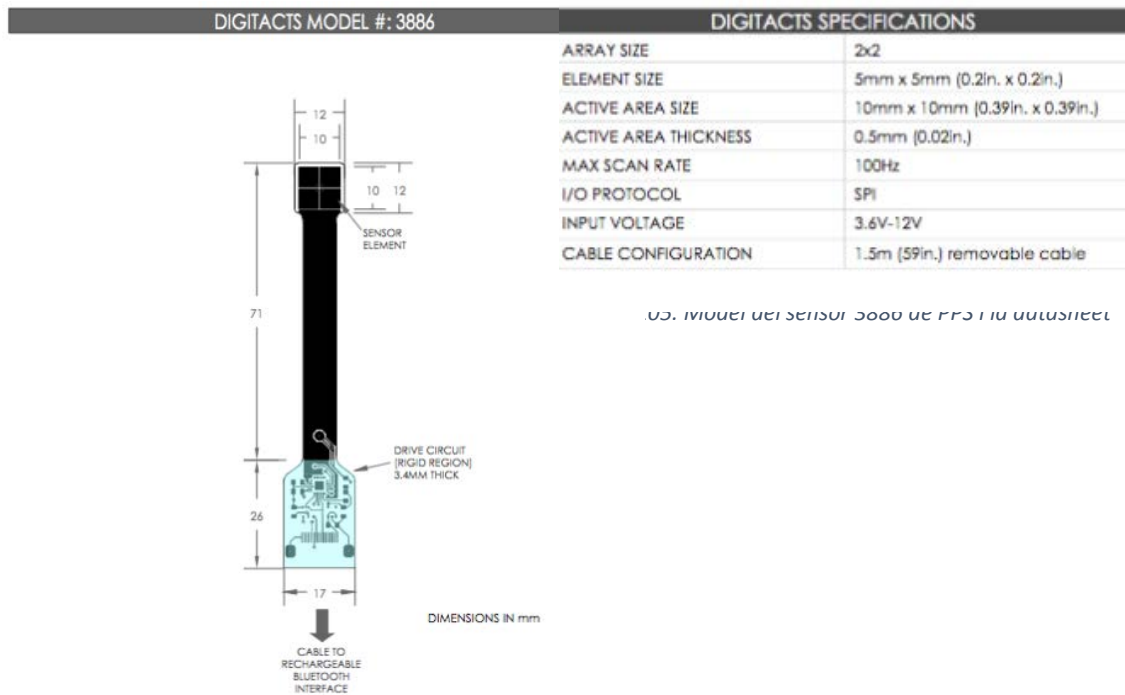


Imatge 104. Exemples de productes realitzats amb bambú processat

Sistema electrònic

En el piano, com ja s'ha mencionat, hi es incorporat un sistema electrònic que permet l'enregistrament de cada nota polsada, això és possible gràcies als 88 sensors que hi ha sota les tecles. Aquests sensors de pressió mesuraran la intensitat amb la qual es polsa cada tecla, que evidentment és proporcional a la intensitat del so, per així, no només corregir al usuari respecte si la nota que toca és la correcta o no en tot moment, sinó també sobre la dinàmica de la interpretació (volum sonor). Per altre banda, també enregistra l'espai de temps entre cada pulsació, per així, poder avaluar el ritme de la peça que l'usuari interpreta.

Per aquestes característiques, es requereix un sensor d'un determinat espai (el de la tecla o menor), precisió elevada i alta velocitat d'enregistrament. El ventall del sensor ha de estar entre 0.98 N (pianissimo) a 10 N (fortissimo), o tenint en compte, l'àrea de la zona de contacte de la tecla (2 cm²) des de 4900 a 50000 Pascals. Per aquest motiu s'opta per sensors tàctils fets per materials piezoelèctrics (materials que al patir una deformació mecànica produeixen una diferència de potencial). Per ser més concrets el model 3886 de la companyia PPS.



Per altra banda, caldria un processador incorporat en la tauleta, per rebre i trametre la informació obtinguda per finalment mostrar-la en la pròpia pantalla a mode de partitura en viu per via Wireless.

Inputs del processador: dades recollides pels sensors de pressió presents sota el teclat (nota polsada, intensitat i intervals de temps).

Outputs del processador: mostrar en pantalla les notes que tecleja el usuari i contrastació amb les notes de la partitura seleccionada.

Processos extra no convencionals

Procediment → Descripció (millora respecte el estàndard)

Enclavament hidràulic → Mètode de fixació que utilitza hidràulica per crear pressió (Pressió més uniforme i major precisió que la fixació convencional)

Enclavatge al buit → Mètode de subjecció dels ponts a la taula harmònica després d'aplicar cola. (Menys costos i equip ocupa menys superfície que el equips convencionals de subjecció)

Enquadernació d'alta freqüència → ones de ràdio d'alta freqüència que s'utilitzen per enganxar la cola. (Temps d'assecat molt més ràpid)

Dibuix i fabricació assistida per ordinador → plans i volums del piano enregistrats i perfilats mitjançant programes CAD i programes informàtics utilitzats durant la producció. (Es pot automatitzar el disseny i la producció. Si el disseny canvia, es pot re-programar l'equip de producció per fer-hi els canvis pertinents.

Enginyeria de processos → Establir una planificació de fabricació (Les fases de producció es coordinen per millorar l'eficiència de la producció, reduir els temps de cicle, minimitzar els treballadors en procés, optimització layout/superfície de fàbrica i millorar la qualitat del producte)

Ús de nous materials → Polímers o resines, revestiment per acabat de piano. Requereix equips especials, però proporciona un acabat més durador que les tècniques convencionals.

Impressió 3D → procés de fabricació additiva (el rebuig és molt menor que havent de fer mecanitzats o fressats, formes redefinides per sistema CAD, temps de producció molt baix)

Sistemes de unió moderns → components que uneixin diferents parts del anell o altres peces de grans dimensions del piano (mantenir homogeneïtat de les superfícies reduint preu de fabricació)

Taula resum de processos

Proposta a desenvolupar	
Coberta exterior	Laminació
Peu	Dessecat
Mecanisme	Impressió 3D
Bastidor	Fundició motlle de sorra
Anell	Procés habitual
Ponts taula harmònica	Consolidació ultrasons
Taula harmònica	Procés habitual
Claviller	Procés habitual
Cordes	Extrusió en fred
Tecles	Impressió 3D

Imatge 106. Taula de processos escollits

Pressupost. Estudi de Costos

Preu unitari

A continuació es mostra una taula que mostra el preu de producció d'una sola unitat, començant pel cost de la matèria prima:

MATERIA PRIMA (1 piano)	QUANTITAT(kg)	PREU UNIT (€/kg)	PREU TOTAL (€)
Bastidor d'acer AISI 1080	120	0.57	68.4
240 cordes d'acer ASTM A228 (1.4 m mitjà)	20	0.68	13.6
Components de fusta d'abet	80	0.75	60
Anell principal (fusta auró)	20	0.5	10
Anell principal (M-WOOD2)	10	0.3	3
Mecanisme (Fibra carboni)	15	33.5	550.2
Recolzament de bambú	100	1.2	120
Tecles	10	1.5	15
Claviller (fusta de roure)	5	0.9	4.5
Material electrònic	2	5	10
TOTAL MATERIAL	380		878,2

Imatge 107. Taula del pressupost de la matèria prima

El preu de la matèria prima sense tractar pujaria a 878,2 euros. Comparant amb el preu de matèria prima d'altres pianos, és econòmic, ja que de mitjana es situa en els 1200-1300 dòlars, és a dir, uns 1100 euros com es mostra en la taula de sota, on en "raw materials" es reflecteix la mitjana del cost de matèria prima dels pianos produïts a Estats Units.

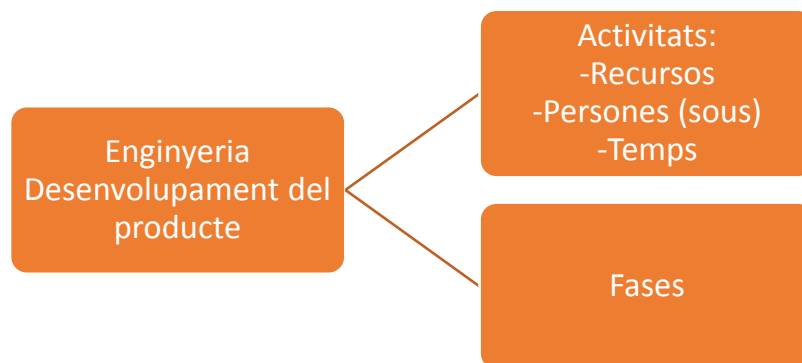
Item	Fiscal year			Jan.-Sept.	
	1995	1996	1997	1997	1998
Cost of goods sold (COGS):					
Raw materials	\$1,387	\$1,144	\$1,198	\$1,232	\$1,268
Direct labor	244	235	256	264	272
Other factory overhead	443	412	446	446	476
Total COGS	\$2,074	\$1,791	\$1,900	\$1,942	\$2,016
SG&A expenses:					
Selling	72	76	86	100	108
G&A expenses	154	139	148	142	153
Total SG&A expenses	\$226	\$216	\$235	\$242	\$261
Total cost	\$2,300	\$2,007	\$2,135	\$2,184	\$2,277

Note.--Because of rounding, figures may not add to totals shown.

Imatge 108. Diferents tipus de despeses en la producció d'un piano de cua segons el llibre "US piano market"

Pressupost enginyeria

En aquest primer apartat es tracten els costos d'enginyeria. És un bloc necessari per poder calcular el pressupost final. A continuació es pot veure el que es té en compte en aquest primer apartat. Tot el que fa referència sobre el procés de disseny i desenvolupament d'un disseny.



Imatge 109. Organigrama costos enginyeria

- Recursos

En les activitats són els enginyers implicats en el disseny del producte, el temps que han dedicat en el seu desenvolupament i els recursos usats. (Equipament electrònic, llicències programes,...):

PC + SolidEdge + KeyShot + NX + Illustrator= 3550 € (període de 4 mesos)

- Persones

En aquest apartat es té en compte les persones que estan implicades en la primera part d'un producte, el seu desenvolupament i tot el implicat abans de la seva producció. En el cas del

piano, el equip està integrat per un sol membre. Aquests són de diversos àmbits, per tenir en compte qualsevol error que pugui sorgir.

Cada enginyer cobra de mitjana uns 4.000 € al mes. Així que en aquest apartat les persones implicades en el desenvolupament del producte és un enginyer que cobriria uns 25 euros per hora de dedicació al projecte.

- Temps

El temps que tarda l'equip d'enginyers a realitzar tots les fases per aconseguir finalment produir el producte. Que va a ser unes 350 hores aproximadament. Depenent dels problemes que puguin sorgir. Sou enginyer: $350h * 25€/h * 1 \text{ enginyer} = 8750 \text{ euros}$

- Fases

En aquest apartat es va analitzar les fases necessàries per a un bon desenvolupament del producte per a la seva correcta fabricació. Així que són les fases que l'equip d'enginyers han de seguir.

A) Identificació del problema: les necessitats, el problema, l'oportunitat i la idea.

B) Definició del problema: identificar-ho i descompondre-ho

C) Components del problema: mirar si és complex o complicat

D) Recull de dades: mirar la competència.

I) Anàlisi de dades: treure conclusions

F) Idees preliminars: idees, croquis ...

G) Anàlisi d'idees

H) Descriure millor idees

I) Decisió d'unes poques idees (2 o 3)

J) Desenvolupar idea més detalladament

K) Decisió d'idea final

L) Plans del producte amb detall

M) Estudi mecanisme

N) Estudi de materials

O) Estudi de resistència de materials

P) Estudi econòmic

Q) Pla de producció del producte

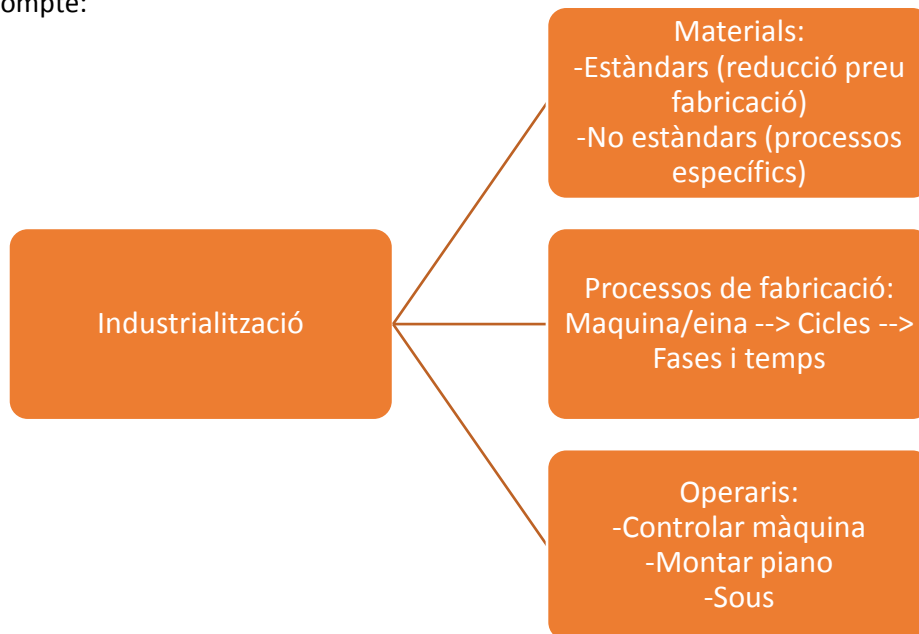
R) Prototip

S) Corregir errors

T) Producció del producte.

Industrialització

A la industrialització és la segona part per poder calcular el pressupost. En aquest apartat es té en compte la part de producció del producte. A continuació hi ha un esquema dels elements a tenir en compte:



Imatge 110. Organigrama costos industrialització

- Materials

A continuació hi ha una taula que conté tota la matèria primera que es necessita per produir el piano a produir. Es compra tot el material ja un cop tractat, en l'empresa només s'hauria tallar i unir les peces. I per descomptat els acabats del producte. Els proveïdors subministrarien el material un cop ja llest per al muntatge, igual que altres companyies del sector.

-Procés de muntatge

Laminació de capes de fusta per formar el anell: les diferents capes s'uneixen per constituir un sol tauló de 4,5 metres de longitud. Aquests es preparen per encolat i laminatge per a les capes interiors del anell. La quantitat de lamine d'aquestes juntes primes varia segons el model, però sol ser de 6 a 10 xapes. Un cop finalitzat el anell de fusta laminada, es col·loca en una premsa que utilitza energia d'alta freqüència per escalfar la fusta i s'aplica una tanca hidràulica per prémer la placa en un motlle gran que té la forma distintiva de la carcassa del piano. El paper impregnat de resina s'enganxa a l'exterior de la vora per proporcionar una superfície receptiva per a la pintura posterior. El revestiment interior corb que forma un marc a l'interior del anell es fa de manera similar.

Fer el tauler harmònica, el component que determina el so: La caixa de ressonància és el cor del piano. La taula de so és una fina capa de fusta feta d'abet acuradament seleccionat. Abans de fabricar-la, la fusta s'asseca a l'aire o en forn a unes condicions d'humitat específiques. La taula harmònica està muntada a partir de una sèrie de taulers petits que estan enganxats de punta a punta. Un cop units es talla a la forma desitjada i s'aplana al gruix adequat. És llavors tractat (assecat) específicament per adaptar-se a les condicions estàndard del habitatge del

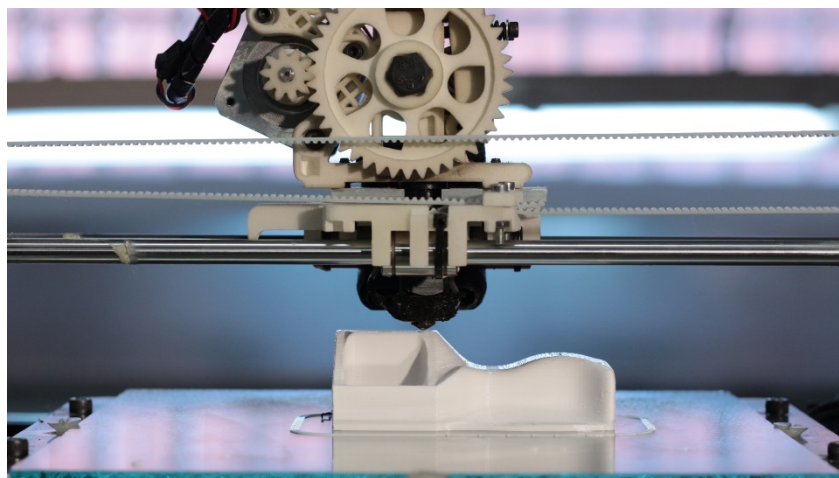
futur usuari. Els nervis s'enganxen a la part inferior de la taula harmònica, en una direcció perpendicular a la direccionalitat de les fustetes individuals de la taula harmònica. Això es fa perquè les vibracions sonores es transmetin uniformement al llarg de la taula harmònica, i serveix per reforçar-la ja que és feble a esforços paral·lels a la taula. Finalment, s'uneixen els ponts de les cordes.

Combinant la vora externa i la línia interna: a continuació, el revestiment interior corb que suporta el contorn corbat de la vora externa s'uneix amb bigues rectes per formar el marc estructural del piano. Les bigues es col·loquen en el revestiment intern amb les juntes de cua de milà tradicionals. Després, la taula harmònica es recolzarà en la part interna del revestiment interior corb, que es moldeja per acomodar-lo. Cal dir que la part superior de la taula harmònica té una corona (una lleugera concavitat) que arqueja cap amunt cap a les cordes i la superfície superior del revestiment interior es perfila per coincidir tangencialment amb l'angle de pendent. Finalment, la vora exterior o anell, que ha estat tractada a una temperatura i humitat específiques, s'uneix amb el revestiment interior corbat en una única unitat amb un escalfador d'inducció d'alta freqüència.

Pintura i polit: S'utilitza un sistema robotitzat per aplicar la pintura al llarg de tot l'anell. Posteriorment s'aplica una capa transparent i es manté calenta perquè la pintura s'assequi i s'endureixi ràpidament. La passada final s'aplica en forma de boira extremadament fina, seguit d'un procés de polit que dóna lloc a una superfície atractiva i bellament acabada.

Impressió 3D de components secundaris: els components que no requereixen de tenir unes qualitats sonores altes o que no hagi de sotmetre's a grans esforços com és el cas de les tecles, pedals, tapa superior, faristol, carcassa exterior o el suport de les tecles, és realitzen mitjançant impressió 3D i juntament, amb components essencials com el mecanisme o el claviller s'insereixen dins del cos del piano

El bastidor, tensar les cordes: per últim, s'inclou el bastidor dins de la caixa de ressonància, que ha de tenir la mateixa forma que aquesta. Aquest bastidor es fabrica per fundició en motlle de sorra. Finalment, col·loquen les cordes que van fins el claviller on són enclavades mitjançant les corretges d'afinació.



Imatge 111. La impressió 3D és un exemple de procés contemporani que ajuda a reduir costos

Així doncs, a continuació es mostra un seguit de taules amb el càlcul de costos de projecte, definint totes les tasques de fabricació seguint els codis de la ITEC i establiment d'un layout de la hipotètica planta de fabricació, incorporant el preu de la matèria prima i cost d'enginyeria:

Codis del projecte				Imports Pressupost de costos (€)		
Codificació Pressupostària	Tasques de la Producció	Zona de la Producció	Descripció	Import tasca	Import concepte	Import capítol
C01	CONSTRUCCIÓ ESTRUCTURA DE RECOLZAMENT					3.747,73
C0101	CONSTRUCCIÓ DELS PEUS LATERALS "XX"					2.081,69
C010101	CER01	GE	Moldejar planxes de bambú		334,82	
C010105	CER05	TP3	Assecament en autoclau de planxes de fusta de bambú		38,09	
C010110	CER10	TP3	Encolar planxes de bambú tallades a mida i premsat		91,99	
C010115	CER15	TP2	Preparar motllo d'acer i alumini de l'estructura de recolzament		472,99	
C010120	CER20	TP1	Ferrar motllo d'acer i alumini de l'estructura de recolzament		561,92	
C010125	CER25	TP3	Aplicats, fixacions i acabats superficials		451,63	
C010130	CER30	MP	Temps de maduració de l'armadura de recolzament		130,24	
C0103	CONSTRUCCIÓ ESTRUCTURA CENTRAL I FRONTIS					812,02
C010301	CER35	TP2	Preparar motllo d'acer i alumini de l'estructura de recolzament frontis		164,25	
C010305	CER40	TP1	Ferrar motllo d'acer i alumini de l'estructura de recolzament frontis		310,88	
C010310	CER45	TP3	Aplicats, fixacions i acabats superficials		228,44	
C010315	CER50	MP	Temps de maduració de l'armadura de recolzament frontis		108,44	
C0105	MONTATGE DE LES ESTRUCTURES DE RECOLZAMENT					854,03
C010501	CER55	TP2	Preparar fixacions d'estructures recolzament		337,26	
C010505	CER60	TP3	Pulits i tractaments superficials estructura recolzament		335,58	
C010510	CER65	TP1	Procés muntatge estructura recolzament		181,19	
C02	CONSTRUCCIÓ ESTRUCTURA BÀSICA					3.808,83
C0201	CONSTRUCCIÓ ESTRUCTURA LATERAL					1.027,71
C020101	CEB01	GE	Moldejar planxes i vigues de fusta d'auró		229,82	
C020105	CEB05	TP3	Assecament en autoclau de planxes i vigues de fusta d'auró		38,09	
C020110	CEB10	TP3	Encolar 7 planxes de fusta d'auró tallades a mida		70,99	
C020115	CEB15	TP1	Prensats de planxes d'auró		75,10	
C020120	CEB20	TP1	Passar per motllo el contorn de fusta d'auró per donar-li la forma interior del piano		358,47	
C020125	CEB25	TP1	Temps d'aplicació de pressió en premsa		75,89	
C020130	CEB30	MP	Temps de maduració de l'armadura interna		92,69	
C020135	CEB35	TP3	Pulits i tractaments superficials armadura interna		86,65	
C0203	CONSTRUCCIÓ ESTRUCTURA DE FONS CONSISTENT					1.491,51
C020301	CEB40	TP1	Passar per motllo viga contorn de fusta d'auró per donar-li la forma interior del piano		605,31	
C020305	CEB45	TP2	Preparar fixacions d'estructura base		331,88	
C020310	CEB50	TP2	Muntatge d'estructura base		250,24	
C020315	CEB55	TP1	Encolat i fixat d'estructura lateral amb estructura base		130,24	
C020320	CEB60	TP3	Pulits i tractaments superficials estructura base		173,84	
C0205	CONSTRUCCIÓ ESTRUCTURES EXTERNES					1.289,61
C020501	CEB65	TP1	Preparar motllo per estructures externes lateral i frontal de formes alveolades		295,79	
C020505	CEB70	TP1	Preparar motllo per estructura externa de tapa del piano		351,31	
C020510	CEB75	TP3	Procés coccí i maduració de les estructures externes		131,54	
C020515	CEB80	TP3	Pulits i tractaments superficials estructures externes		329,78	
C020520	CEB85	TP1	Procés d'acoplament de les estructures externes		181,19	
C03	RESSONADOR DE TENSIÓ I TAULA ARMÒNICA					1.132,31
C0301	RESSONADOR DE TENSIÓ					343,81
C030101	TAR01	TP1	Col·locació del ressonador de tensió		264,52	
C030105	TAR05	TP1	Ajustaments del ressonador de tensió		79,30	
C0305	TAULA ARMÒNICA					788,50
C030501	TAR10	GE	Moldejar planxes de fusta d'abet		98,57	
C030505	TAR15	TP3	Assecament en autoclau de planxes de fusta d'abet		38,09	
C030510	TAR20	TP1	Encolar planxes d'abet per taula general		114,59	
C030515	TAR25	TP1	Tallar i tractat i pulit de taula armònica d'abet		123,94	
C030520	TAR30	TP1	Tallar i moldejar viguetes de fusta d'abet per travesses de taula armònica		105,57	
C030525	TAR35	TP1	Encolar viguetes d'abet i premsar en la taula armònica		102,14	
C030530	TAR40	TP3	Tractaments superficials i d'acabat de la taula armònica		118,94	
C030535	TAR45	TP1	Col·locació i fixació de la taula armònica en l'estructura bàsica del piano		86,65	

C04				PONTS DE LA TAULA ARMÒNICA			668,57
C0401				PONTS DE LA TAULA ARMÒNICA			668,57
C040101	PON01	TP3	Moldejar i tallar i tractar ponts de fusta d'auró		50,27		
C040105	PON05	TP1	Marcatge de punts de fixació en la taula armònica		26,34		
C040110	PON10	TP1	Encolar i premat de ponts de fusta d'auró a la taula armònica		65,90		
C040115	PON15	TP3	Aplicar tractaments superficials de grafit		61,95		
C040120	PON20	TP1	Muscats dels ponts per fixació de cordatge		156,45		
C040125	PON25	TP1	Aplicació de subjeccions d'acer amb perforacions previes als ponts		307,65		
C05				ARPA DE FOSA I CLAVILLER			2.151,57
C0501				ARPA DE FOSA			1.441,73
C050101	ARP01	GE	Fabricació i transport arpa de fosa (externalitzat)		1.232,74		
C050105	ARP05	TP1	Col·locació arpa de fosa en l'estructura del piano, encaixant amb els ponts i la TA		208,99		
C0505				CLAVILLER			709,84
C050501	ARP10	GE	Moldejar planxes de fusta de roure		53,16		
C050505	ARP15	TP3	Assecament en autoclau de planxes de fusta de roure		17,98		
C050510	ARP20	TP1	Moldejar i tallar i tractar planxa claviller de fusta de roure		85,05		
C050515	ARP25	TP1	Col·locació planxa del claviller a l'estructura		80,85		
C050520	ARP30	TP1	Subjecció de les clavilles al claviller amb les perforacions necessàries previament marcades		275,10		
C050525	ARP35	TP1	Col·locació de sordines al claviller		122,35		
C050530	ARP40	TP1	Connexions de sordines als pedals		75,35		
C06				CORDES			673,07
C0601				CORDES			673,07
C060101	COR01	GE	Subministrament i transport de cordatge		195,70		
C060105	COR05	TP1	Procés de fixació de cordes		285,68		
C060110	COR10	TP1	Procés de pinçat		191,69		
C07				MECANISME I TECLÉS			5.179,40
C0701				MECANISME			2.994,35
C070101	MEC01	GE	Subministrament i transport de mecanismes		2.357,29		
C070105	MEC05	TP4	Ensamblar mecanisme a les tecles		235,28		
C070110	MEC10	TP4	Ajustaments i proves de mecanisme d'atac		235,28		
C070115	MEC15	TP4	Ajustaments de mecanisme a pedals		166,49		
C0705				TECLÉS			2.185,05
C070501	MEC20	TP4	Impressió de tecles 3D amb material plàstic alta densitat		186,90		
C070505	MEC25	TP4	Procés de contrapesat de tecles		408,45		
C070510	MEC30	TP4	Ajustaments i proves de teclat		1.080,45		
C070515	MEC35	TP4	Proves generals de teclat		509,25		
C08				INSTAL·LACIONS ELECTRÒNIQUES			3.601,99
C0801				INSTAL·LACIONS ELECTRÒNIQUES SENSORS DE TECLAT			1.614,73
C080101	IEL01	GE	Subministrament i transport sensors de teclat		1.167,35		
C080105	IEL05	TP4	Col·locació sensors de teclat		235,28		
C080110	IEL10	TP4	Proves sensors de teclat		212,10		
C0805				INSTAL·LACIONS ELECTRÒNIQUES DE PANTALLA FARISTOL			1.987,26
C080501	IEL15	GE	Subministrament i transport sensors i pantalles faristol		1.220,76		
C080505	IEL20	TP4	Col·locació pantalles faristol i processadors electrònics		358,05		
C080510	IEL25	TP4	Proves processadors i pantalla		408,45		

C09	CONTROL DE QUALITAT		2.297,06
------------	----------------------------	--	-----------------

C0801	CONTROL DE QUALITAT		2.297,06
--------------	----------------------------	--	-----------------

C080101	CQU01	TP1	Control de qualitat de secat de la fusta	148,09
C080105	CQU05	TP1	Control d'esforços de estructures	79,30
C080110	CQU10	TP1	Control de juntes i encolats	329,28
C080115	CQU15	TP3	Control de gruix de capes	379,68
C080120	CQU20	TP1	Control de tensat del claviller	235,28
C080125	CQU25	TP1	Control d'alineacions de cordatge	278,88
C080130	CQU30	TP4	Control alineació de teclat	409,67
C080135	CQU35	TP4	Control de sò i ressonància	436,88

C10	GESTIÓ DE RESIDUS		313,78
------------	--------------------------	--	---------------

C1001	GESTIÓ DE RESIDUS		313,78
--------------	--------------------------	--	---------------

C100101	GRE01	TP5	Classificació de residus	54,10
C100105	GRE05	TP5	Càrrega i transport de residus	79,30
C100110	GRE10	TP5	Disposició de residus especials	101,09
C100115	GRE15	TP5	Disposició a centre de reciclatge i planta de fabricació de joguines de fusta	79,30

C11	IMPUTACIÓ DE COSTOS ADDICIONALS		600,00
------------	--	--	---------------

C1101	IMPUTACIÓ DE COSTOS ADDICIONALS		600,00
--------------	--	--	---------------

C110101	ICA01	GE	Imputació de costos addicionals	600,00
----------------	-------	----	---------------------------------	--------

C12	SEGURETAT I SALUT.		350,00
------------	---------------------------	--	---------------

C1201	EQUIPS DE PROTECCIÓ INDIVIDUAL.		100,00
--------------	--	--	---------------

C120101	SES01	GE	Elements de seguretat individuals	100,00
----------------	-------	----	-----------------------------------	--------

C1205	PROTECCIONS COL·LECTIVES		100,00
--------------	---------------------------------	--	---------------

C120501	SES05	GE	Elements de seguretat col·lectius	100,00
----------------	-------	----	-----------------------------------	--------

C1210	REUNIONS I FORMACIÓ EN SEGURETAT I SALUT.		150,00
--------------	--	--	---------------

C121001	SES10	GE	Reunions i formació en seguretat i salut	150,00
----------------	-------	----	--	--------

TOTALS	24.524,32	24.524,32	24.524,32
---------------	------------------	------------------	------------------

Hores operari dedicades a cadascuna de les unitats, segons pressupost540,11 h/u

Càpítols del Pressupost	Descripció			Import capítol
-------------------------	------------	--	--	----------------

C01	CONSTRUCCIÓ ESTRUCTURA DE RECOLZAMENT			3.747,73 €
C02	CONSTRUCCIÓ ESTRUCTURA BÀSICA			3.808,83 €
C03	RESSONADOR DE TENSIÓ I TAULA ARMÒNICA			1.132,31 €
C04	PONTS DE LA TAULA ARMÒNICA			668,57 €
C05	ARPA DE FOSA I CLAVILLER			2.151,57 €
C06	CORDES			673,07 €
C07	MECANISME I TECLES			5.179,40 €
C08	INSTAL·LACIONS ELECTRÒNIQUES			3.601,99 €
C09	CONTROL DE QUALITAT			2.297,06 €
C10	GESTIÓ DE RESIDUS			313,78 €
C11	IMPUTACIÓ DE COSTOS ADDICIONALS			600,00 €
C12	SEGURETAT I SALUT.			350,00 €

Total pressupost de costos de producció			24.524,32 €
--	--	--	--------------------

Total pressupost de costos de producció		24.524,32 €
13,00 % Despeses generals	3.188,16	€
12% de Benefici empresarial	2.942,92	€
SUMA	6.131,08	€
Total pressupost de preu del producte		30.655,40 €
5% per transport i afinació i presentació al client	1.532,77	€
Total pressupost de preu de mercat del producte		32.188,17 €
Impost sobre el valor afegit (IVA) 21%	6.759,52	€
Total pressupost de preu base de producte venda públic		38.947,68 €

Imatge 112. Taules estudi de costos

Layout de la planta de producció

GE => Operacions generals i no unitàries. Entrades de subministraments externalitzats

MP => Magatzem d'operació

TP1 => Taller d'operacions en treballs de fusta i de muntatge

TP2 => Taller d'operacions del metall i complementàries

TP3 => Taller Box auxiliar per a operacions amb necessitat d'aïllament

TP4 => Taller d'operacions especials o de precisió (aïllament acústic)

TP5 => Taller d'operacions de gestió de residus i reciclatge



Imatge 113. Layout de la planta de producció

Per a preparar el pressupost de costos de producció del piano de cua, objecte d'aquest projecte, tenint en compte que de fet, un piano és una obra d'enginyeria complexa en la qual hi intervenen diverses disciplines d'operació com ebenisteria, forja, acústica, física d'esforços i d'altres així com diverses fustes de qualitat i operacions en materials diversos, s'estructura aquest anàlisi de costos en base a:

- 1.- Pressupost detallat de costos i amidaments. (inclòs en els annexes)
- 2.- Resum del pressupost de costos per capítols. ("")
- 3.- Resum del pressupost de costos per conceptes. ("")
- 4.- Resum del pressupost de costos per tasques.
- 5.- Resum del pressupost de costos per zones de producció. ("")
- 6.- Resum general del pressupost de costos.

1.- En el pressupost detallat de costos i amidaments. Degut a que s'ha fet l'anàlisi de costos en base a la valoració de les tasques que comporta la fabricació, els amidaments per tasca són preus compostos per unitat de producció. Les tasques s'associen a despeses de mà d'obra, matèria prima, cost de maquinària i costos indirectes. Els preus bàsics s'han referenciat a un banc de preus extern.

De fet, s'ha primat en la producció un nou disseny de piano de cua que sense perdre la identitat del producte tingui un caire de modernitat i de bellesa estètica, per altra banda una altra característica és la incorporació d'ajudes electròniques per a la composició musical i el tractament de fabricació del teclat (amb 3D) amb revestiment d'ivori artificial i acoblat a mecanisme adquirit de manera externalitzada.

Els tractaments de la fusta fins al moldejat de planxes tant de bambú com d'avet, d'auró i de roure també s'han externalitzat així també la fabricació de l'arpa del piano, les cordes metàl·liques i els components electrònics.

Això fa que es redueixin les màquines industrials necessàries per a la producció i muntatge, això sí són necessàries diversos tipus de talladores, claus d'impacte, encoladores i premses industrials; receptacles autoclaus i cambres de pintura i tractaments superficials.

2.- Els capítols del pressupost de costos recullen les parts i fases de producció d'un piano afegint-se el control de qualitat, la gestió de residus la seguretat i salut en els processos de producció i la imputació de costos addicionals per unitat del disseny i publicitat.

3.- Els conceptes són subdivisions operatives dels capítols.

4.- Les tasques corresponen a les tasques operatives de producció, a les quals se'ls hi dona una referència addicional a la pressupostària per a poder donar-li ús en el control de fabricació mitjançant la imputació d'hores en el treball diari de operació. Així també les tasques tenen ubicació de realització dintre la planta de producció.

5.- El resum de costos per zones de producció conjuntament amb el control de producció ha de poder ajustar els equips de treball i la distribució de tasques.

6.- El resum general del pressupost de costos indica el cost de producció unitària i finalment el preu de venda públic resultant amb la repercussió de les despeses generals, benefici industrial i impostos.

Dades tècniques i càlculs. Estudi i anàlisi de resistència

En aquest apartat es reflectiran; per una banda, la viabilitat de les estructures de suport de piano, les quals han de suportar uns 300 kg entre les tres parts (dos laterals i el mòdul central dels pedals). I per l'altra, les condicions físiques dinàmiques de les cordes.

Estudi resistència estructural: consisteix en aplicar 3000 N (una mica més de 300 kg de força) a cada component, per comprovar que poden aguantar el pes del cos principal de piano i un interval notable de sobrepès. Per a aquest motiu cal conèixer amb major detall les característiques mecàniques del bambú, material del qual està feta la base:

Pes específic: entre 700 i 850 kg/m³ (18 per cent de humitat)

Mòdul de Young: 15-20 GPa

Límit elàstic: 35-44 MPa

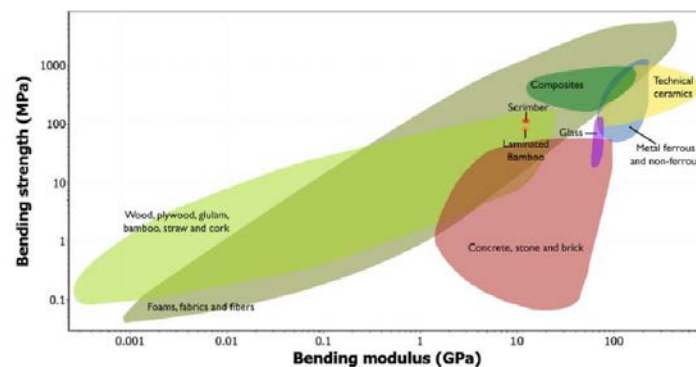
Resistència a tracció: 36-45 MPa

Elongació: 2,88-5,5% deformació

Duresa: 2-12 HV

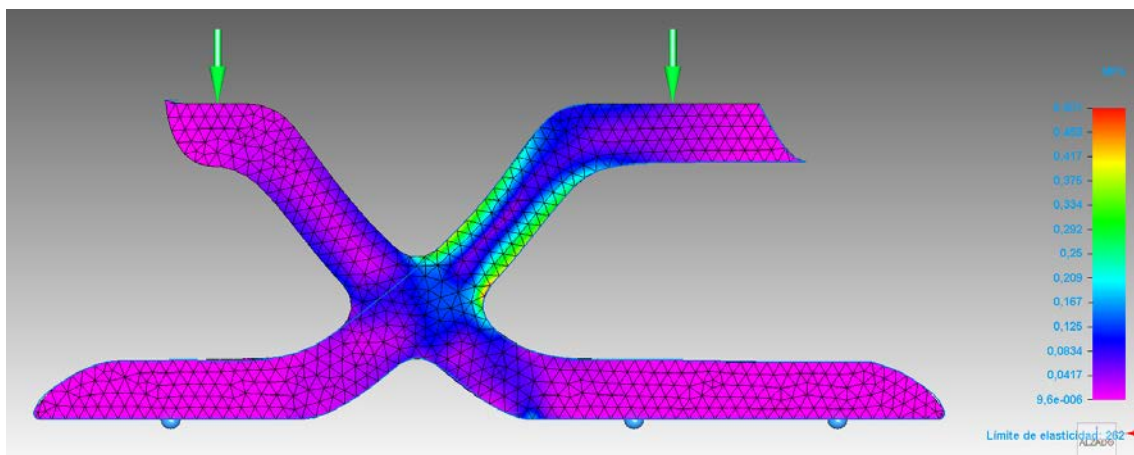
Resistència a fatiga (10⁷ cicles): 25-35 MPa

Tenacitat a fractura: 5-7 MPA·m^{0,5}



Imatge 114. Relació resistència a flexió amb mòdul de flexió de diversos materials

L'àrea sobre la qual s'aplicarà la força es de $10 \times 30 = 300 \text{ cm}^2$ i $10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2$. Això significa una àrea total de 400 cm^2 , és a dir $0,04 \text{ m}^2$. Significant així, que la pressió exercida en la simulació serà de $P = 3000 \text{ N} / 0,04 \text{ m}^2 = 75000 \text{ Pa} \rightarrow 7,5 \text{ KPa}$.

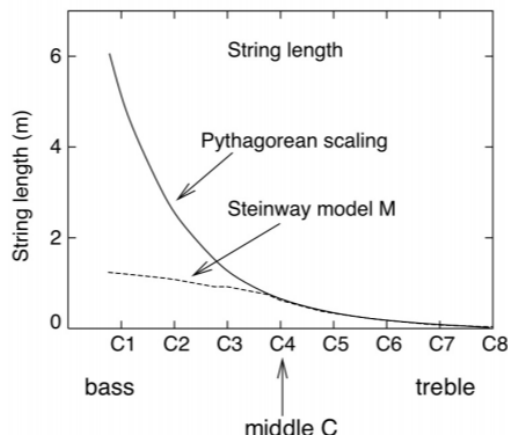


Imatge 115. Resultat de la simulació d'esforços estructural

Com mostra el resultat de la simulació, la pressió de 7,5 KPa sobre cada braç, no produeix cap deformació en la estructura, no obstant, cal dir que hi ha una zona que patirà més esforç que és la part diagonal superior dreta, pel moment que produeix la pressió en el extrem del braç superior dret.

Els paràmetres referents a les cordes del piano i així també la forma d'aquest:

Com a dada d'entrada, cal mencionar que el piano reproduceix tot l'espectre audible per l'esser humà: la nota més baixa → 27.5 Hz (La0) i la nota més alta → 4186 Hz (Do8). Això significa que cada corda i cada mecanisme tindran un registre diferent



Imatge 116. Relació llargada corda – to de la nota

En aquest eix de coordenades extret del llibre Physics of the piano es mostra la relació entre la llargada de la corda (string length) i el to de la nota (C1 → DO de la primera octava, C2 → DO de la segona octava,...)(bass → greu / treble → agut).

Com es pot veure teòricament, la forma que hauria de seguir "l'arpa" del piano ve donada per la funció pitagòrica, que es mostra una proporció exponencial entre el to i la llargada, però realment, no és així (Steinway Model M), ja que s'incorporen uns pesos en les notes greus, per a que simulin la vibració d'una corda més llarga.

Aquests pesos són els mencionats recobriments d'acer o coure, que permeten donar-li harmonia i to al so del piano de forma apropiada seguint la funció fonamental del moviment ondulatori: $f_n = n f_1$ $f_1 = \frac{v}{2L}$ = fundamental frequency

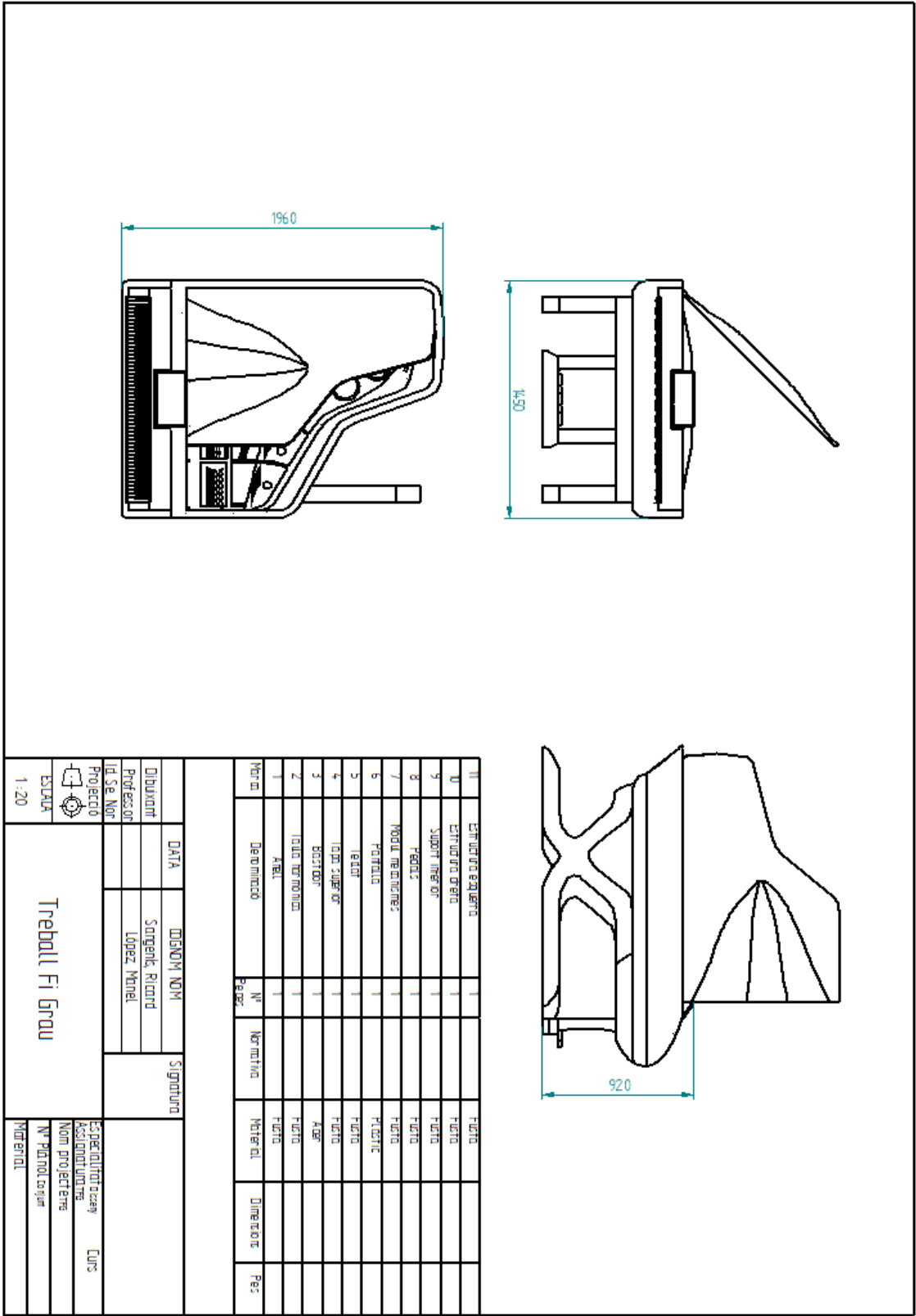
Com s'ha mencionat anteriorment, la tensió (T) soferta per les cordes ronda els 1000 kg de força en funció de la llargada d'aquestes (d), quan més tensa més energia transmet a la taula harmònica; no obstant, $T < (\pi/4) \cdot d^2 \cdot H$ on H és una constant donada pel material, en el nostre cas, l'acer $1.5 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2$.

Per altre banda, en relació al mecanisme, per entendre'l millor, primerament, s'explicarà breument el funcionament del mecanisme: quan una tecla es polsada, el capstan fa pivotar el whippen, això prova que el jack emputji el cilindre accionador del martell, així doncs, aquest fa rotar el martell cap a les cordes, quan el martell comença a moure's, s'aixeca l'amortidor de la corda i fins que la tecla no retorna a la posició de repòs aquest tampoc ho fa. Així doncs al deixar anar la tecla, el martell retorna a la posició inicial.

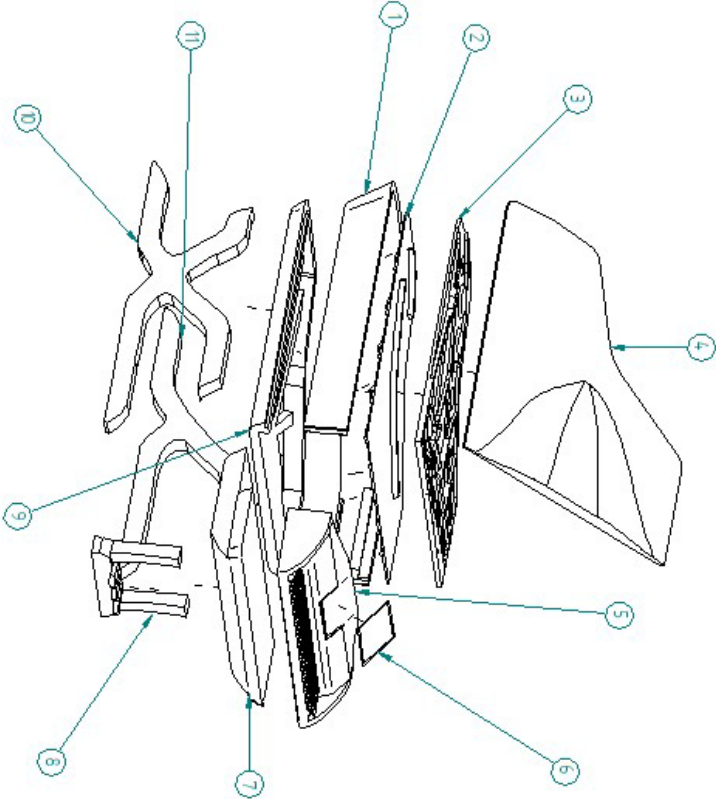
Així doncs, cal determinar quina serà la força i per tant, velocitat aplicada en la tecla (v_t) i de sortida del martell (v_m), la relació òptima entre aquestes velocitat és aquesta: v_m / v_t és 5.5. La força estàtica necessària per moure una tecla és tracta d'uns 0.45 Newtons (equivalent a 0.44 grams de força). Aquí cal afegir-li la força per accelerar la tecla i així, el martell, tenint en compte, que el moment d'inèrcia de la tecla $1.7 \cdot 10^{-2} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$, per tant, la massa equivalent és de 166 grams, finalment tenir en compte, que el martell a mesura que les notes són més greus va sent més gran i més pesat (de 3 g a 10 g el DO 1).

Plànols de Detall i definició

Plànol de conjunt

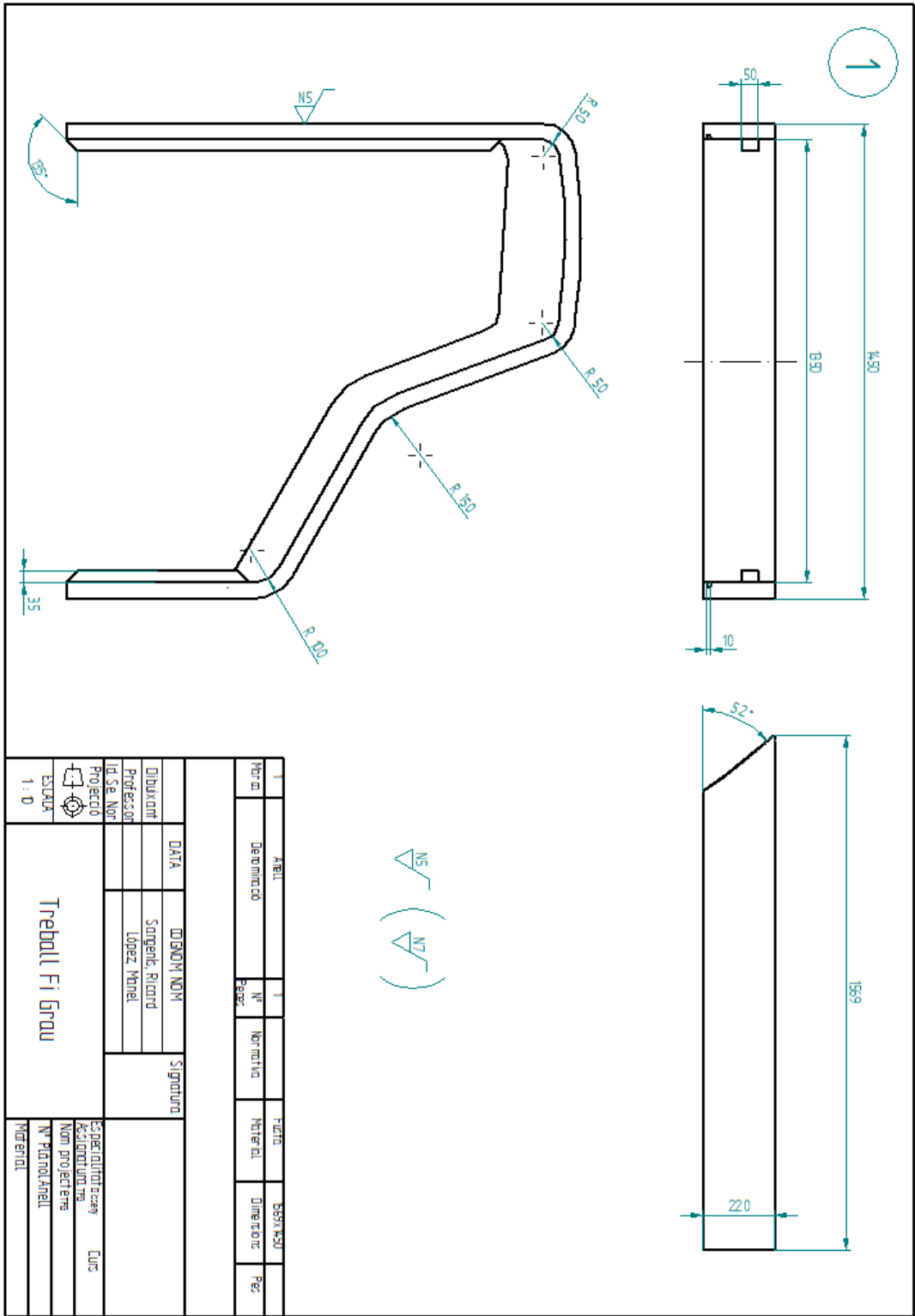


Plànol esclatat

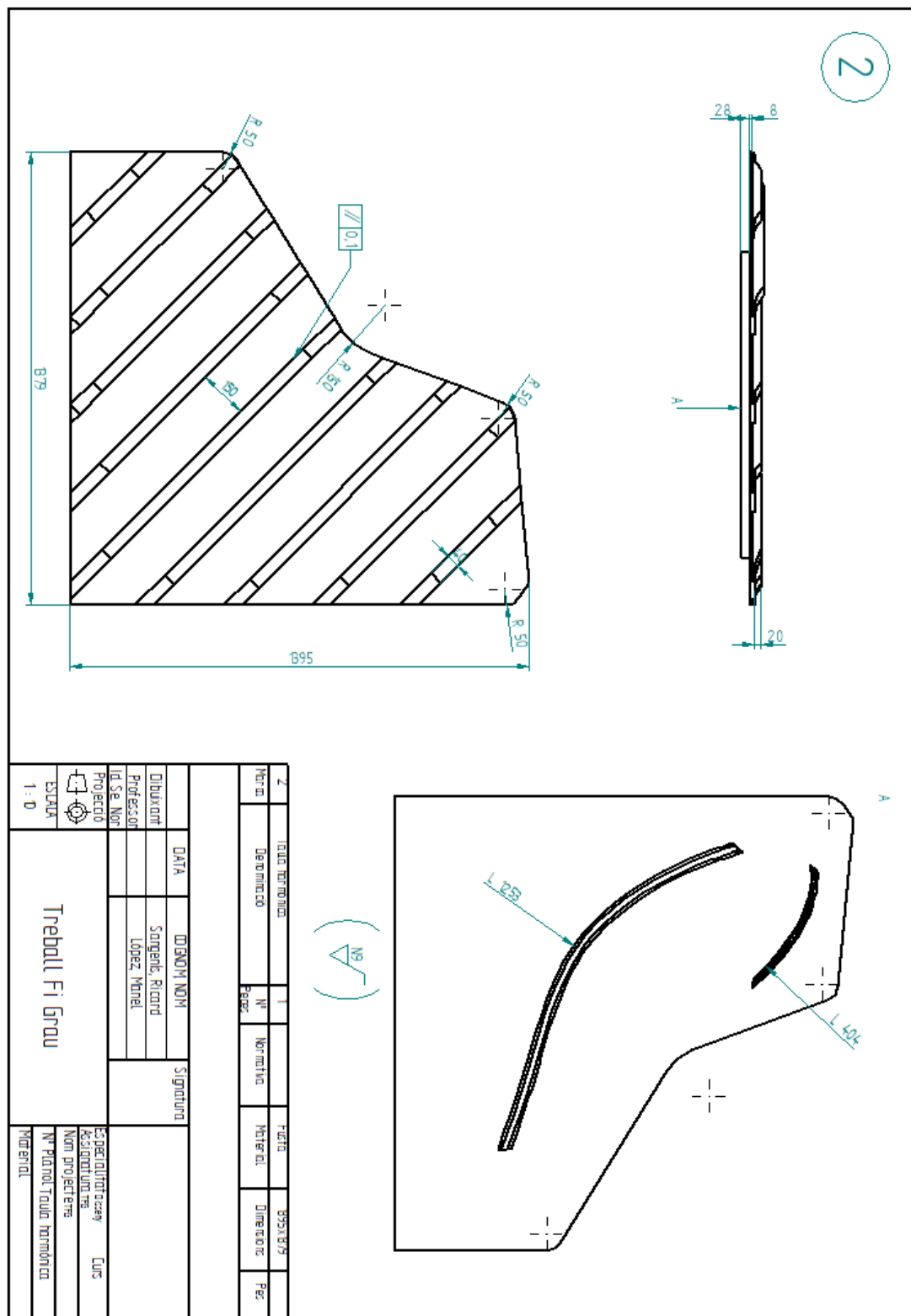


11	ESTRUCTURA EXTERIOR	1					
10	SUPORT DELS PEDALS	1					
9	PEDALS	1					
8	MODUL MATEMÀTIC	1					
7	PLACAMA	1					
6	RELOT	1					
5	TECLA SUPERIOR	1					
4	BOCINER	1					
3	TECLA INFERIOR	1					
2	ARMATGE	1					
1	ARMATGE	1					
Norm	Desenyo	VP	Normativa	Mètric	Dimensió	Pes	
		Paix					
DATA		DESIGNI NOM		SIGNATURA			
Dibuixant		Sangreix Ricard					
Professor		López Mireia					
Id. Se. Nor							
Projecte							
ESQUA		Treball Fi Grau		Esquema d'arquitectura			
1:20				Assignatura			
				Curs			
				Nom projecte			
				Nº Plànol Esclatat			
				Material			

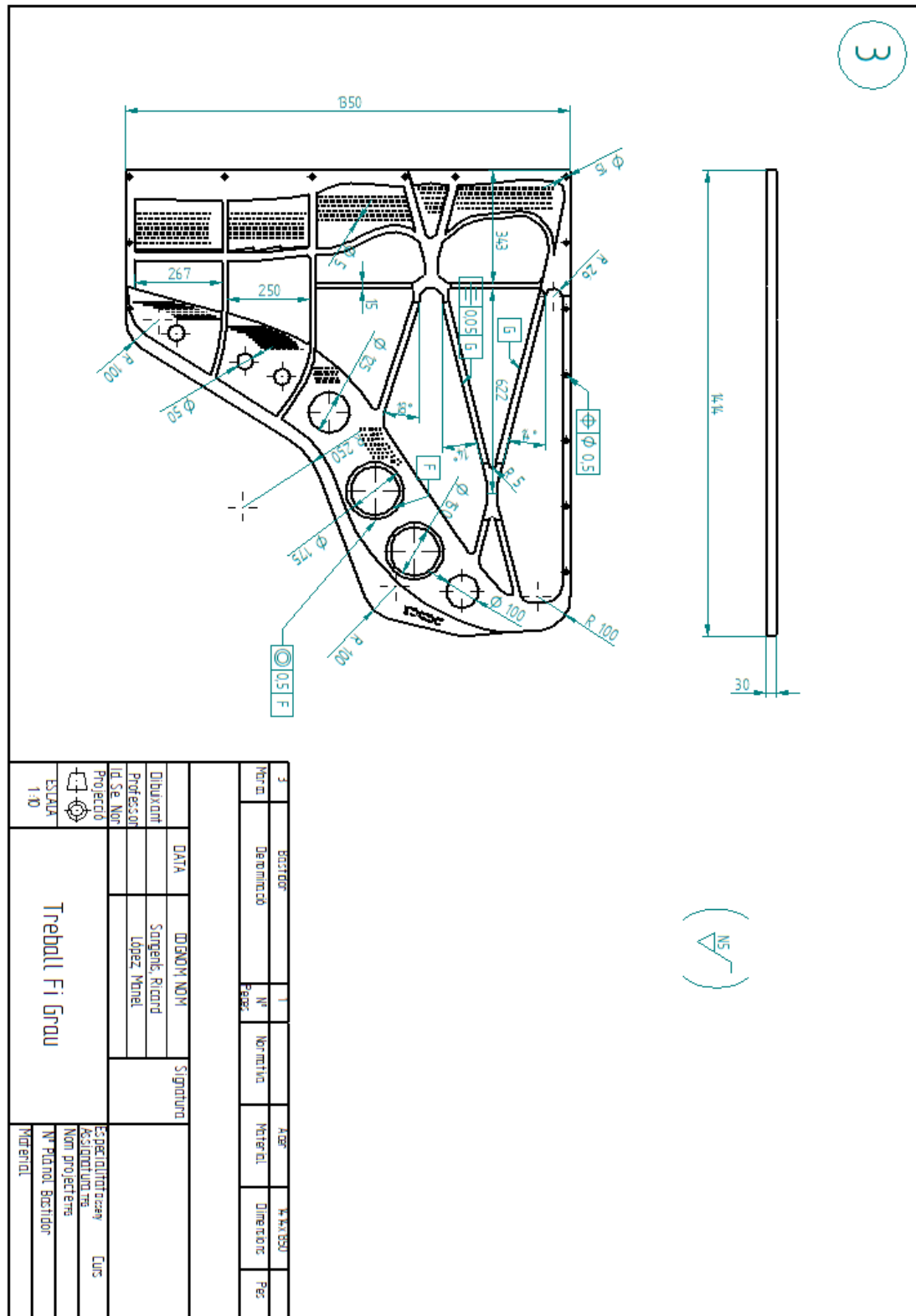
Plànols d'especejament



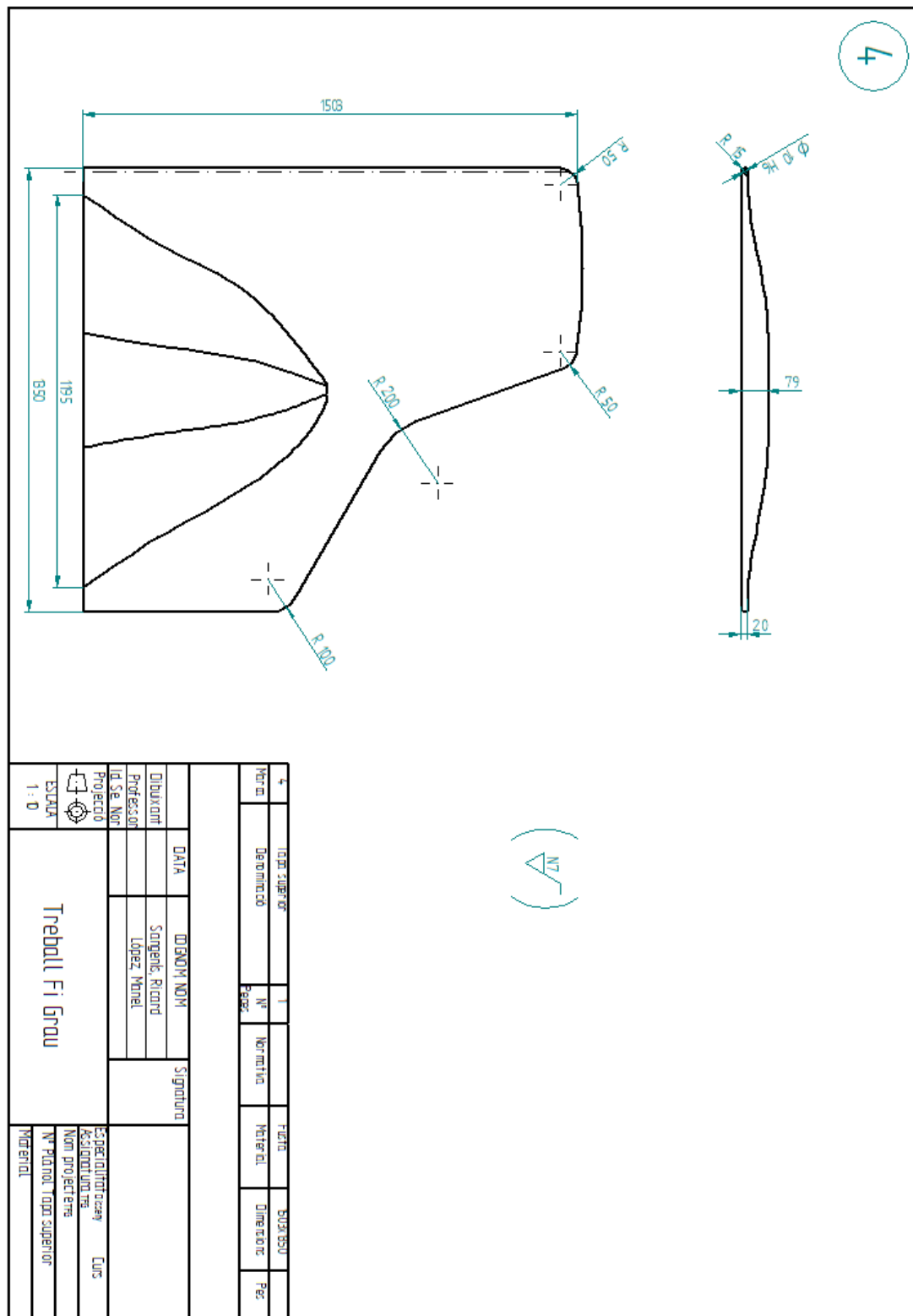
Anell



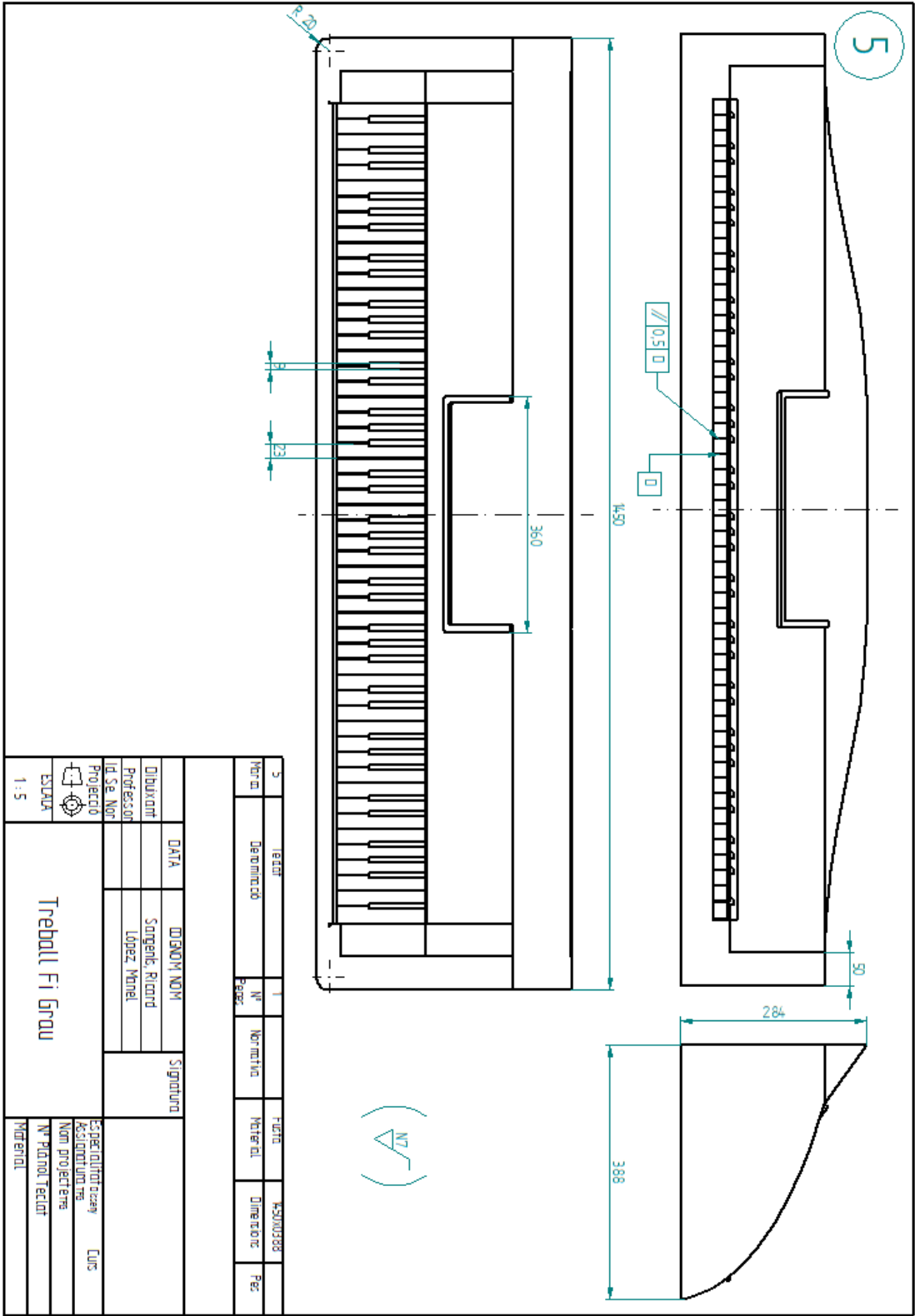
Taula harmònica



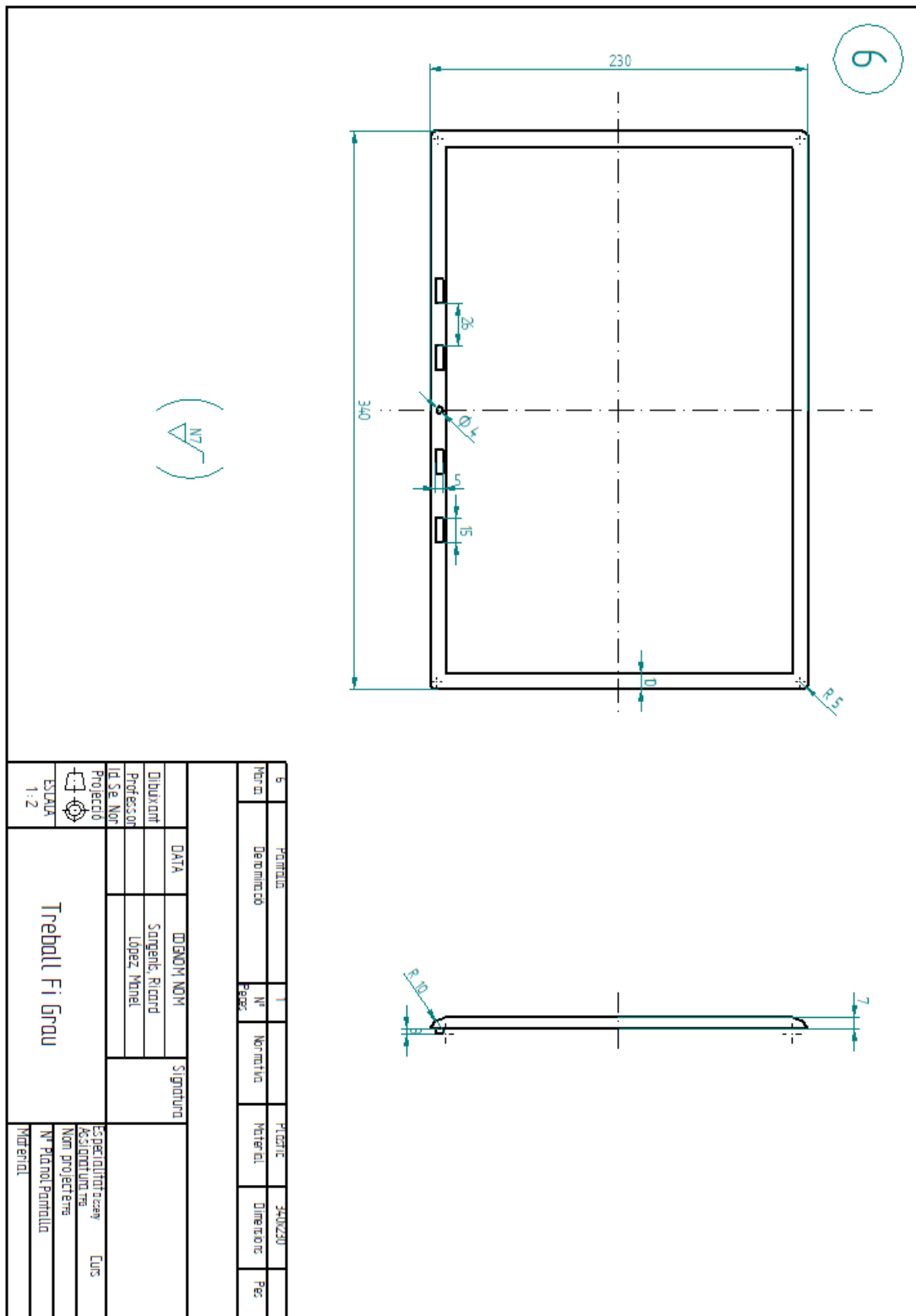
Bastidor



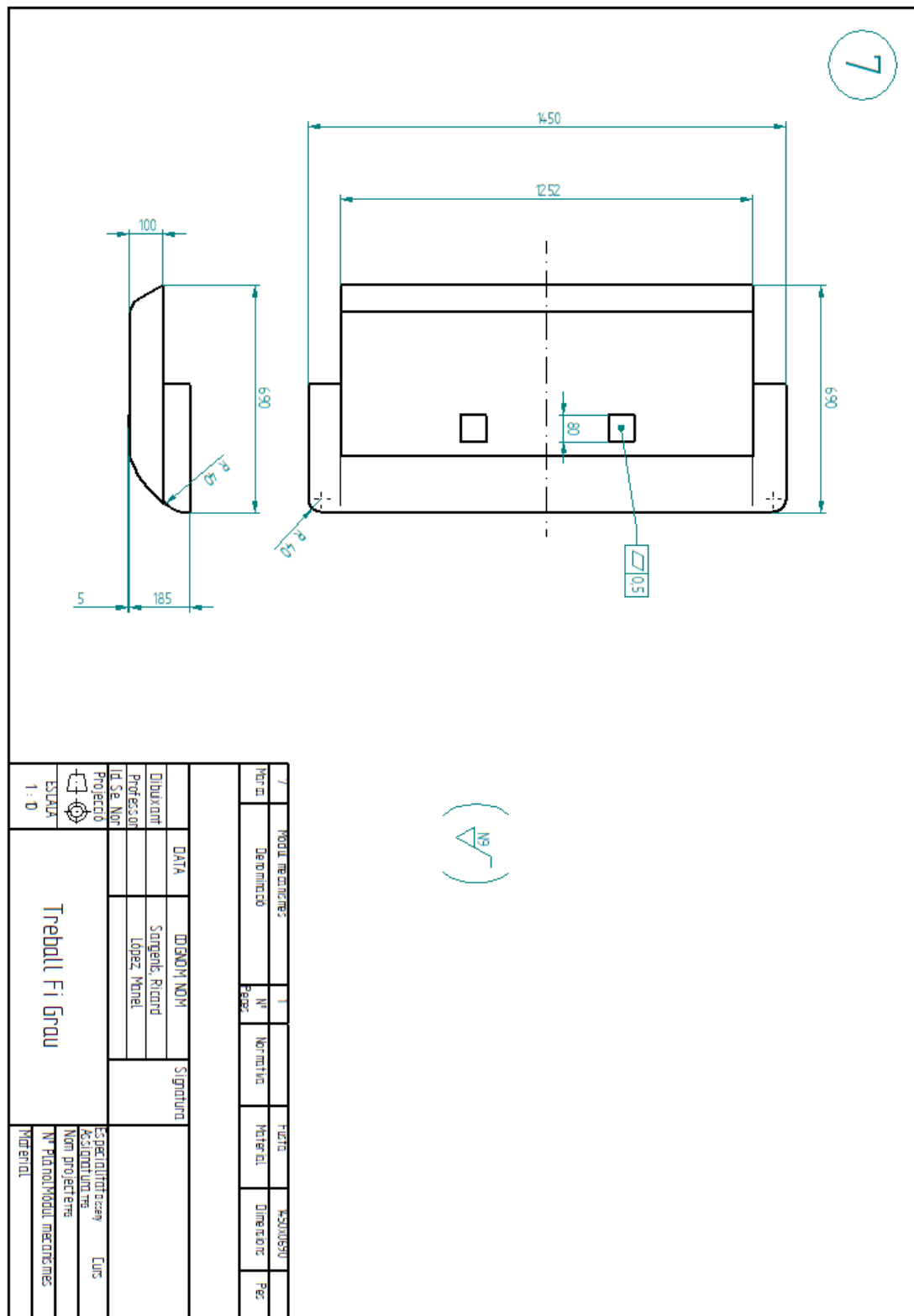
Tapa Superior

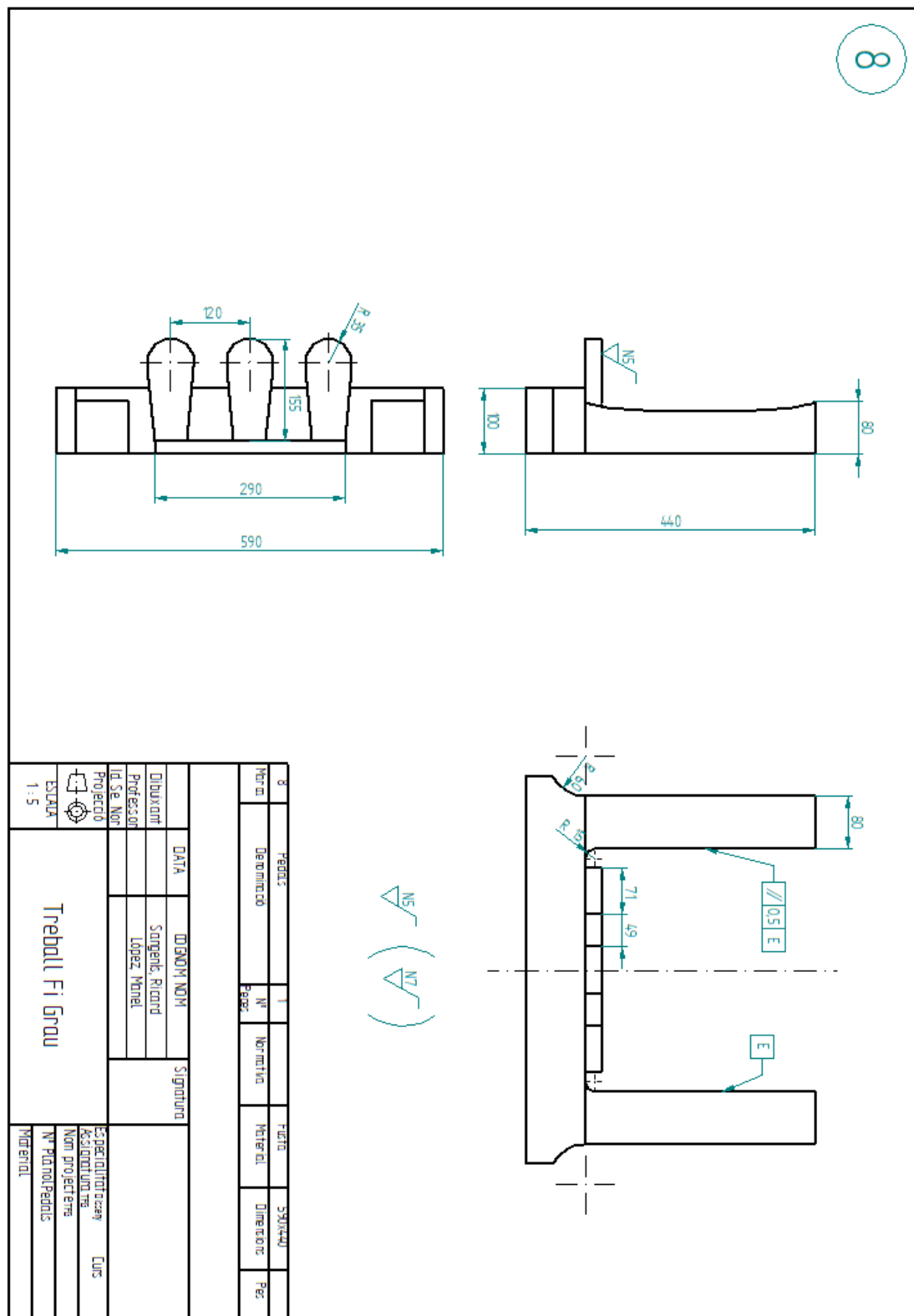


Teclat

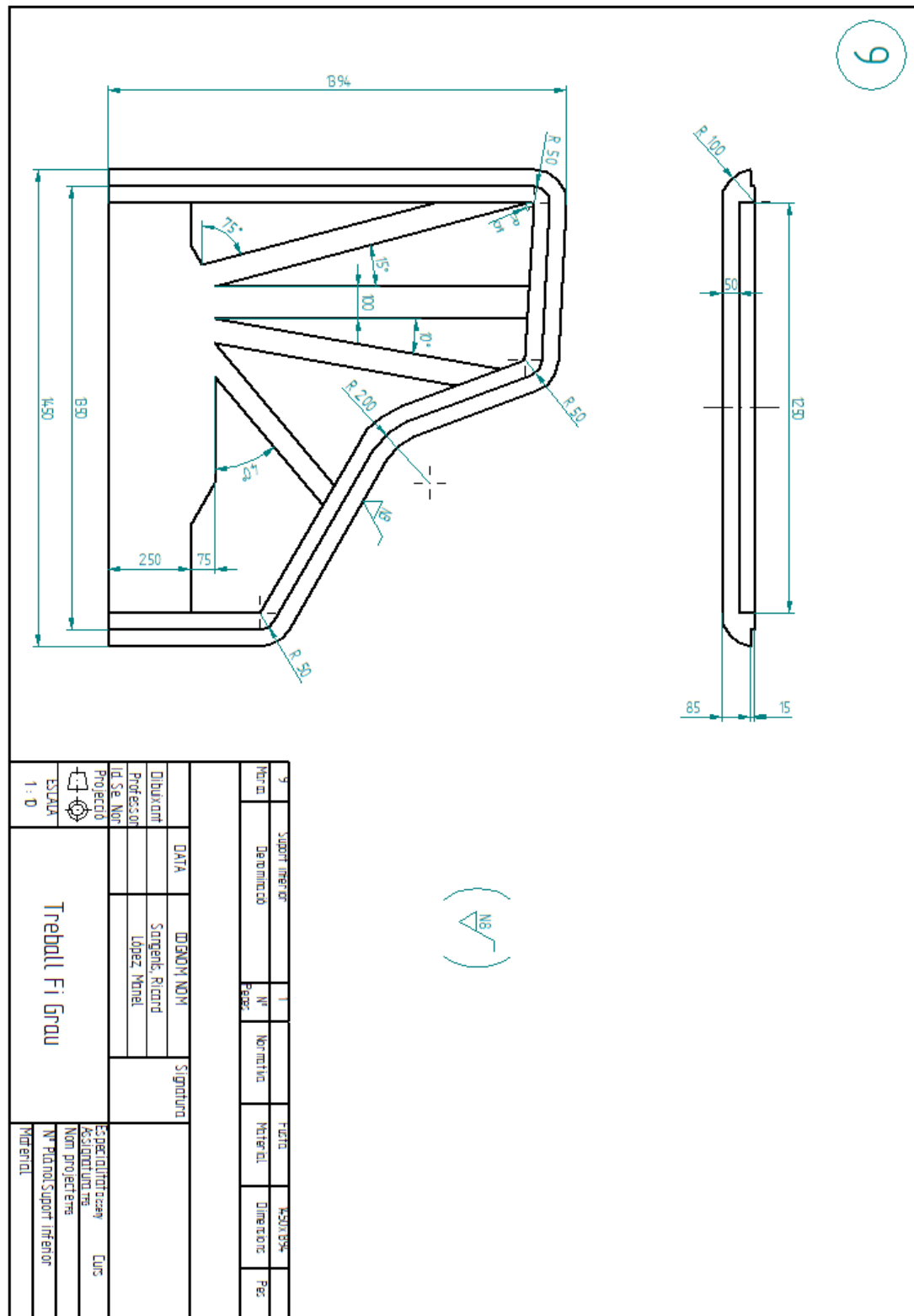


Pantalla

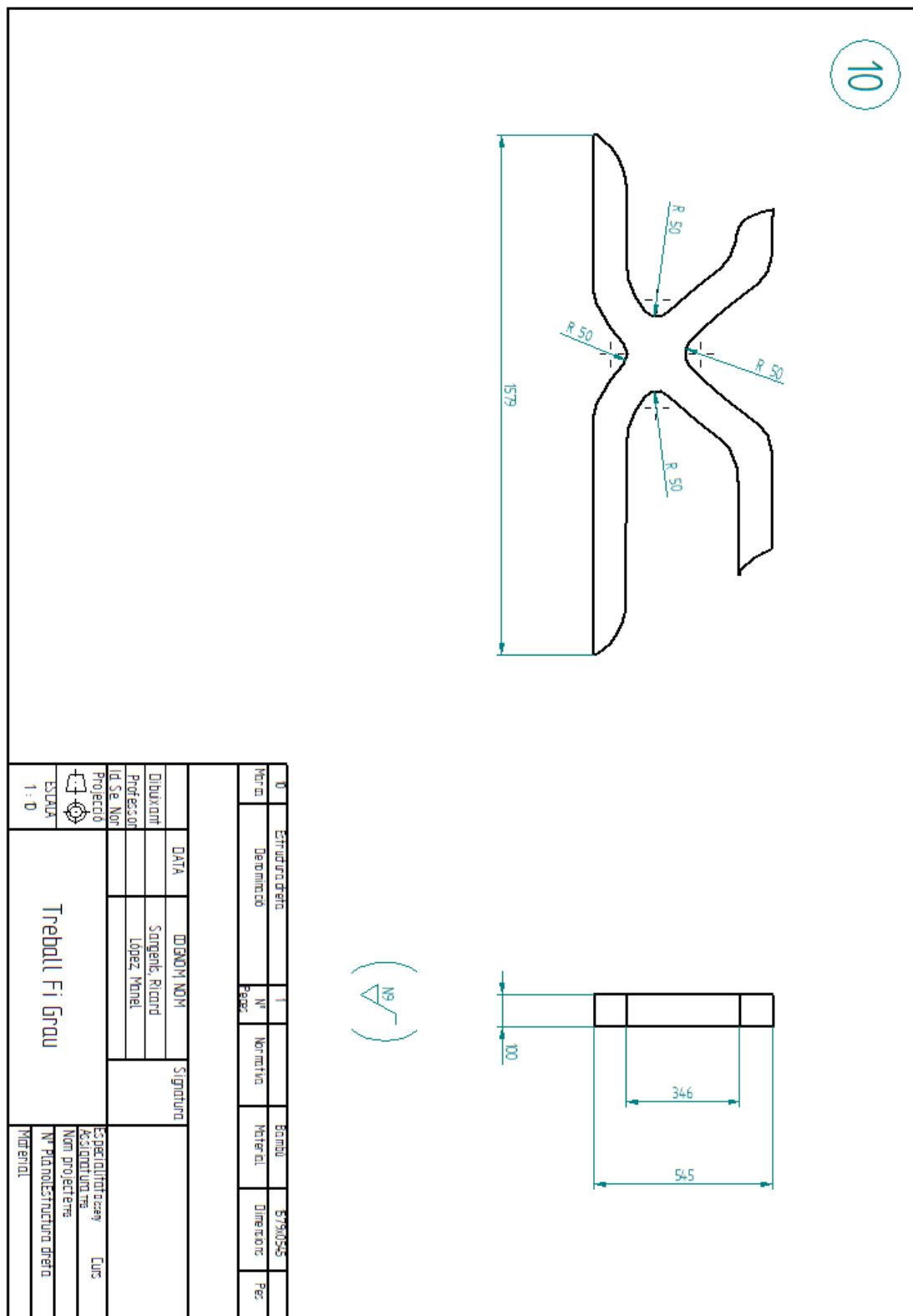




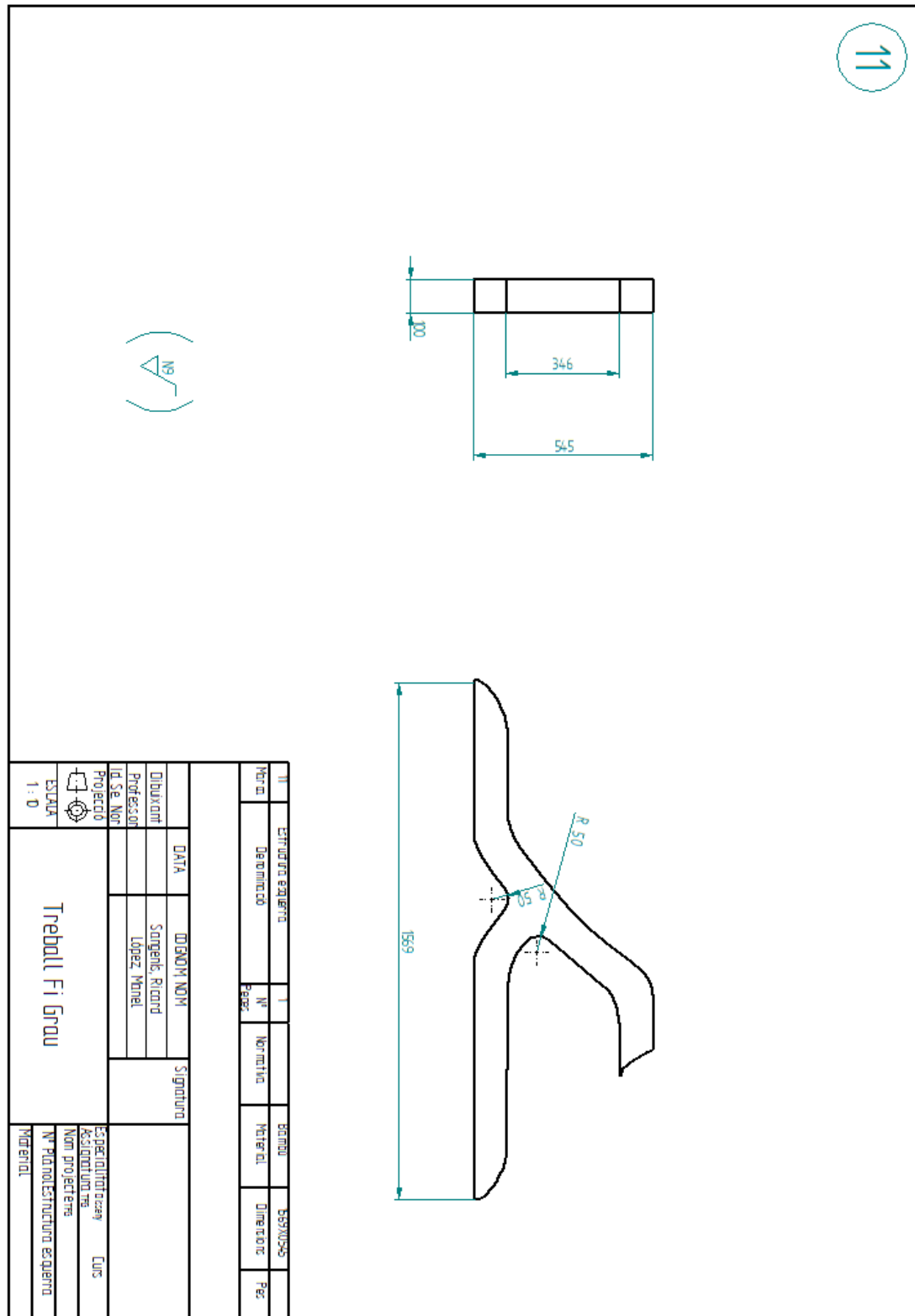
Pedals



Suport inferior

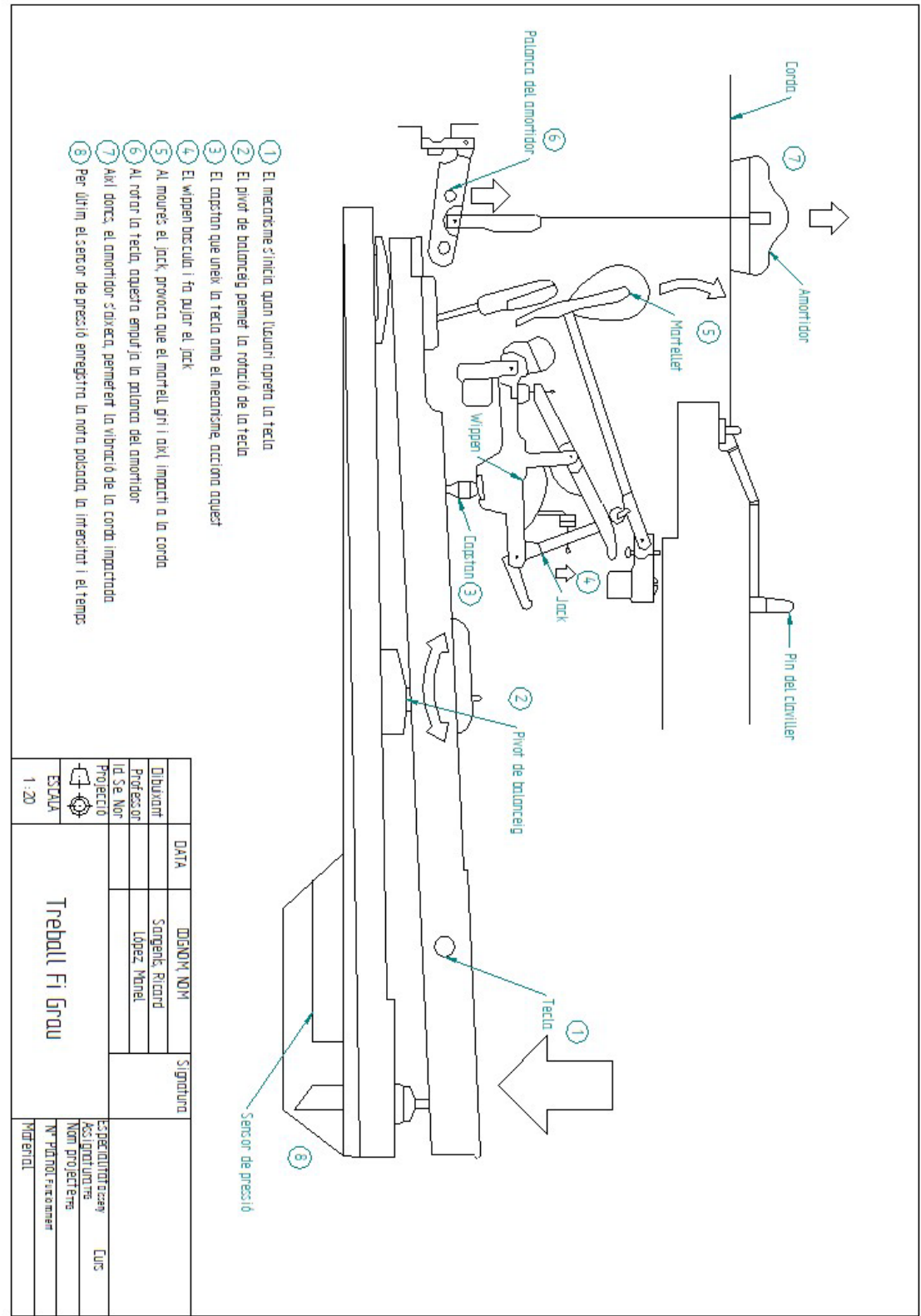


Estrutura direta



Estructura esquerra

Plànol de funcionament



Plec de condicions

Normatives de materials

Referent a les tecles: Esta terminantment prohibir utilitzar ivori natural per a les tecles, tal i com es feia originàriament.

Dimensions: blanques 23mm ample, 146mm llarg, 25mm alt; tecles negres 9mm ample, 95mm llarg, 12mm alt.

Referent a la taula harmònica: suportar tensions cordes d'uns 1500 N

Gruix: 10 mm al centre a 8 mm als extrems

Llargades per pianos de cua: 1.57, 2.13, 2.74, 3 (metres)

Corona convexa de 5 mm desnivell cap als laterals.

Laminació i assecat fusta, unió mitjançant coles específiques, igual que l'encolat de les costelles i el ponts.

Tractament posterior: Vernissatge, polit i 3 anys mínim d'estabilització en condicions d'humitat i temperatura aire

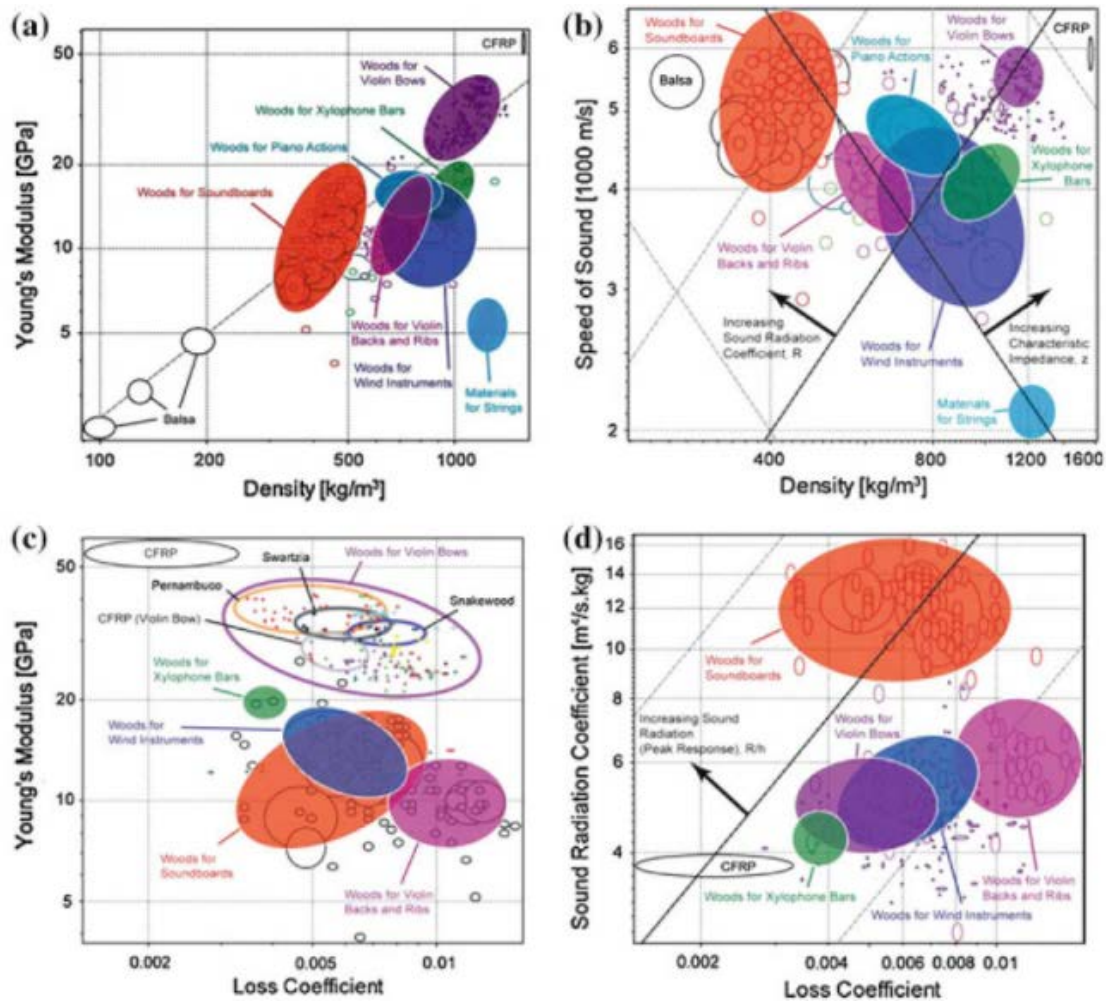
Referent als ponts i les costelles: incrementar rigidesa de la taula harmònica, distància entre la part més elevada del pont i la corda és de 2 o 3 mm. Pont de cordes greus 3 cm més gran que el de cordes triples (notes intermitges), pont de cordes greus més proper al centre de la taula harmònica que el de triples.

Referent als mecanismes: velocitat del martell al impactar la corda entre 1 a 4 metres per segon. Per tant, el pes d'aquest va totalment relacionat amb el de l'impacte del usuari que com ha molt és d'uns 40 newtons.

Referent al bambú premsat: Al igual que la fusta, és desitjable evitar el contacte directe amb l'agua. També cal que el material no toqui el terra per així evitar humitats y l'exposició tant de insectes com a fongs. I per últim, es recomana controlar la incidència directa a la radiació solar, encara que les seves repercussions no són tan importants com les de l'agua.

Per a pressions majors o iguals a 6MPa que són les idònies per la consecució del material, es recomanen temperatures de premsat superiors a 110 ° C per incrementar l'esforç màxim a tracció del material. La tendència en la resposta elàstica del material, analitzada a partir de la variació del seu mòdul de deformació, és independent de la pressió de premsat. Per a temperatures de premsat superiors a 110 ° C la tendència és a augmentar la magnitud del mòdul i amb això la seva resposta elàstica independentment de la pressió de premsat. Per a temperatures de premsat de 80 ° C s'assoleixen valors de mòdul de deformació del material similars als obtinguts amb temperatures de 140 ° C, per tant no es recomana augmentar la temperatura per incrementar el seu mòdul de deformació.

Referents a les fustes: com s'ha pogut avaluar cada fusta té unes propietats determinades i per tant, cada tipus de component en requerirà unes concretes, en aquestes gràfiques realitzades amb el programa Wegst per conèixer les propietats sonores dels diferents tipus de fusta i veure on es situen un cop tractades en funció del component. (requeriments mínims)



Imatge 117. Gràfiques relatives a les propietats de diferents tipus de fusta

Els cercles vermells són fustes per les taules harmòniques

Els cercles verds són fustes per a les barres dels xilofons o dels mecanimes colpejadors

Els cercles liles són fustes per l'esquena violí o la part inferior del piano (sostentació)

Els cercles blaus són fustes per instruments de vent

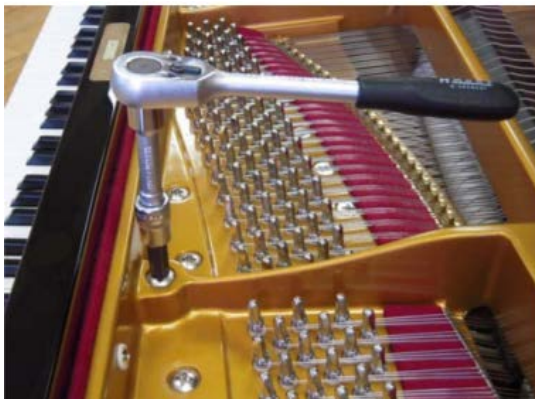
Normatives de processos

1. Estrenyent els cargols de la placa

Per revisar si els cargols de la placa estan prou aprestats, s'utilitzarà un clau tipus Phillips No. 4 o similar, ja que els cargols són de cap estrella. En els models recents de piano de cua s'han de revisar els cargols amb molt de compte, ja que els pernons són lubricats al instal·lar i podrien estar massa apressats.

S'utilitzaran dos tipus de cargols. Els de cap hexagonal en el contorn del perímetre de la placa i els de cap estrella al capçal. Els cargols hexagonals requereixen un dau de 17mm. de diàmetre i la clau Phillips No. 4 per als cargols estrella, de la mateixa manera que amb els models regulars de pianos

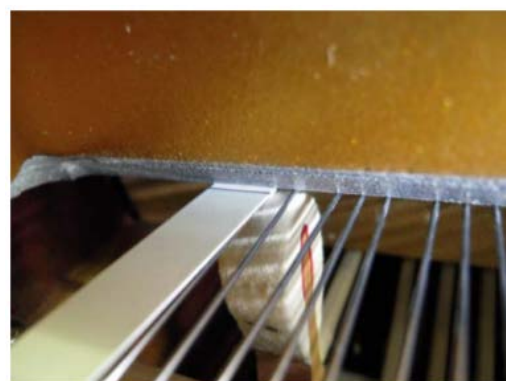
Tots els altres cargols que van en les diferents frontisses, al faristol, en els blocs laterals, etc. hauran de ser aprestar segons es requereixi. Cal anar amb compte a l'hora d'aprestar els podria danyar-se la ROSCA, O TRENCAR.



Imatge 118. Adjust dels cargols de la placa

2. Ubicació del mecanisme

El martellet No. 88 ha de colpejar amb precisió la corda aproximadament entre 2.6 i 2.7mm de la barra del cap d'astro. La posició final haurà de determinar-se per el so mitjançant un professional qualificat. Per a col·locar el mecanisme cal llimar primerament la superfície on es situarà. Una vegada que el bloc ha sigut col·locat correctament, cal acoblar les guies del bloc del teclat amb els blocs laterals. El capsant o pivot s'encaixa amb la tecla per a què tots els mecanismes estiguin en paral·lel un al costat del altre.



Imatge 119. Col·locació del mecanisme

3. Pivotament las tecles

Obertura frontal on va el coixinet mentre sosté el carril de pivotament, verificar el moviment lateral de las tecles en la seva posició fixa (arriba). També cal comprovar la posició de opressió (abaix). El espai apropiat ha de ser entre 0.2 ó 0.3mm, amb un lleuger, però clar i evident rebot. Per a balancejar una obertura frontal estreta on va el coixinet cal utilitzar un escarpa. Obertura de pivotament i coixinet de balanceig, s'ha de aixecar la tecla novament 1 o 2mm i deixar anar. Cal que caigui lentament per el seu propi peso sense fricció. En clima sec la tecla cau més lentament, i en entorn humit, una mica més ràpid.



Imatge 120. Regulació del teclat

Si la tecla se estanca, facilitar l'obertura de pivotament. Aquest procediment s'ha de efectuar curosament fins que la tecla es mogui amb fluïdesa, sense quedar massa solta. Cada tecla té el seu carril de balanceig que té unes dimensions estandarditzades. Ampliar únicament els costats de l'obertura movent la pinça compactadora dins de l'obertura procurant que la superfície llisa frontal y la superfície llisa posterior quedin cara a cara, de seguida cal pressionar en l'obertura. Si costa d'entrar la tecla dins del carril es pot aplicar una solució de alcohol (Isopropyl 70%) i agua natural. Una vegada que s'assequi, instal·lar de nou i ajustar d'acord al passador. Verificar el moviment lateral de las tecles en la seva posició fixe (dalt) i en la posició de opressió (abaix).



Imatge 121. Facilitar pivotament de les tecles

4.Col·locació del recolzador del teclat i enregistrador de colpeig

Eleva tots els cargols del recolzador del teclat de manera que no entrin en contacte amb el llit del teclat. Una vegada que s'han eliminat tots encenalls de fusta de las seccions estretes, les seccions amb moviment es contrauen, es compacten i s'acomoden. Nota: és normal que al

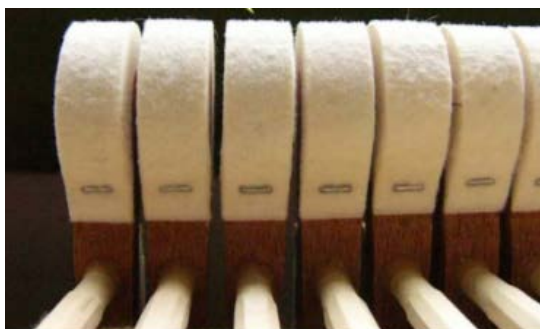
recolzament de les tecles no acabi d'encaixar correctament el clima sec. Seria pertinent que es tingui en compte la humitat del medi quan s'incorpori en el llit del teclat. Para el carril en la part posterior, cal treure les tecles i introduir el dispositiu electrònic que enregistra quines tecles són preses. Ajustar el cargol de tensió en el bloc lateral per a alleugerar la tensió dels passadors guia. Això evitarà que el recolzament del teclat produeixi sorolls al accionar-se el mecanisme i el balanceig de la tecla. Cal tenir en compte l'altura i la profunditat de les tecles al ajustar els cargols.



5. Recorregut del martellet i el seu angle

Aixecar varis martellets i observar si hi ha desplaçament lateral al moment que aquests pugen cap a la corda. Cal que tots

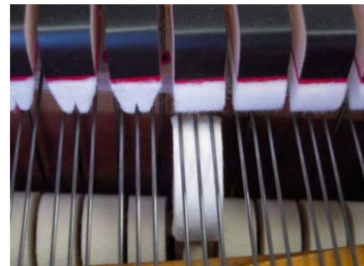
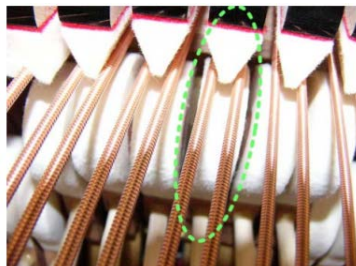
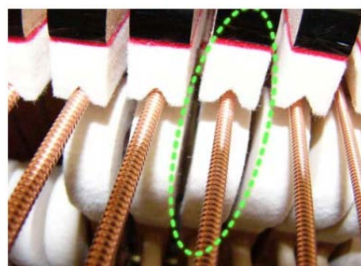
els martellets *Imatge 122. Encaix del teclat i els sensors* estigui calibrats correctament, és a dir, que només es moguin cap a dalt. Per anivellar-los es col·loca una tira de paper entre els mecanismes i la barra de suport que reflectirà la diferència entre el espessor de paper per a anivellar la inclinació, determinarà el grau de correcció. Verificar el angle del martellet en la seva posició de reposo. Així doncs cal que el martellet actuï en un sol pla perpendicular al suport. Per corregir la desviació del martellet, s'ha de aplicar calor amb molta compte i deformar la fusta en la mesura necessària.



Imatge 123. Correcció trajectoria mecanismes

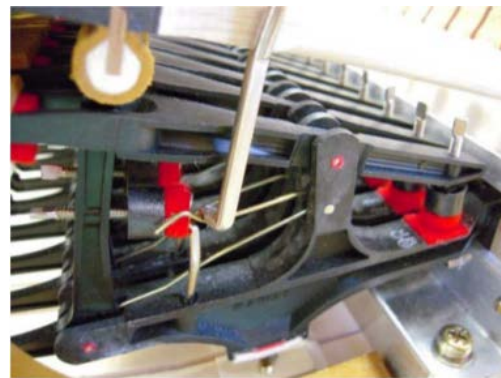
6. Alineament dels martellets amb les cordes

En les notes amb corda simple i en les dobles, els martellets han d'estar alineats sota de les cordes. El punt de contacte del martellet està centrat entre mig en les cordes dobles. En las notes amb cordatge triple, en la secció dels baixos, els martellets, cal que sobresurtin 1mm. de la corda esquerra.



7. Molla de repetició

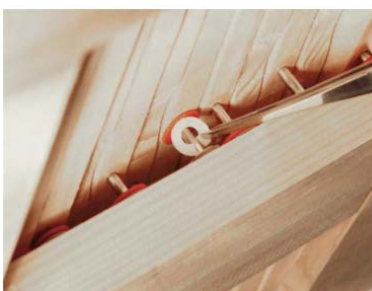
Tocar la tecla de forma normal i deixar anar lentament. La molla de repetició ha d'impulsar al martellet amb un moviment lent, suau, sense oscil·lar ni vibrar. Si el moviment és massa lent, cal moure i treure la part superior de la molla, doblegar cap a dalt. Si el moviment es molt ràpid, pressionar la molla de repetició cap a baix, tal i como se mostra. Quan es pressioni o s'aixequi la molla, *Imatge 124. Posició mecanisme respecte les cordes* únicament s'ha de alterar la secció en espiral sortint, mai la secció on forma la curvatura. Sempre revisar y verificar la intensitat de la molla de repetició quan l'acció estigui instal·lada en el piano.



Imatge 125. Ajust de la molla de repetició

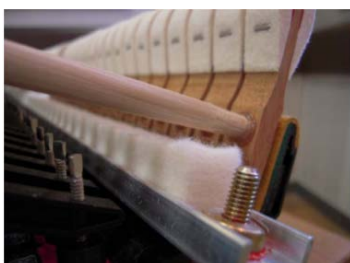
8. Quadrant i anivellant les tecles

En els pianos de cua és convenient que la part superior de les tecles blanques han d'estar situades entre 66mm i 68mm del llit del teclat. Col·locar les tecles dels extrems com a mostra, i anivellar les altres tecles amb un bord recte. Col·locar els suports de cartró gruixut mitjançant el passador de forma precisa. A sota dels suports de feltre perquè les tecles quedin totalment balancejades, per acabar de ajustar tocar lleugerament el passador de l'equilibri d'un costat cap a un altre. Ajustar les tecles negres de manera que sobresurtin 12.5mm de la superfície superior de les tecles blanques.



Imatge 126. Anivellament de les tecles

9. Barra de repòs de martellets



Col·locar la barra de repòs dels martellets a 5mm per sota del martellet en posició de repòs.

Imatge 127. Col·locació de la barra de repòs

10. Altura i Profunditat de les tecles

Per al cas de les blanques: Utilitzar un bloc de mesurament de tecles 10.1mm, pulsar cada tecla i comparar-la amb la tecla següent. Afegir o treure suports fins que s'aconsegueixi la pulsació correcta. Poseu els suports de paper sota dels de tela. Assegurar que s'usi la mateixa pressió a tot el teclat. Revisar constantment amb la pressió del seu dit de principi a fi mentre regula.

Ajustar la profunditat de les tecles negres comparant el resultat de la post-pulsació en les tecles blanques amb la tecla negra del costat. Afegir o treure suports sota de les tecles negres fins que la post-pulsació sigui la mateixa. Posar els suports de paper sota els de tela (feltre).

*Imatge 128. Integració de les tecles*

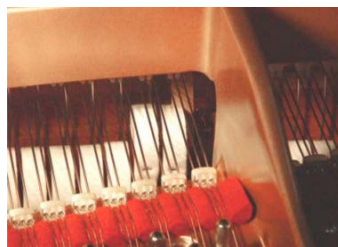
11. Amortidors

Alineació: Ajustament dels amortidors de manera que estiguin assentats quadrant amb les cordes. Assegureu que el recorregut dels amortidors sigui en línia recta flexionant el filferro un parell de vegades, mantenir la línia del filferro paral·lela al capdavant del amortidor. Quan el pedal de ressonància s'empeny lleument, la part posterior dels amortidors ha d'eleva-se lleugerament abans que la part davantera. El filferro dels amortidors ha d'estar en l'angle correcte en relació amb la superfície del fons del cap del amortidor, ja que aquest ha d'eleva-se lleugerament més en la part posterior.

Elevació inicial dels amortidors: Els amortidors han de començar a elevar-se quan el martellet va a la meitat del seu recorregut. Establir un sistema d'anotacions amb referència a cadascuna de les seccions. Regular la mostra que s'utilitza per regular la resta de les varetes de ferro dels amortidors perquè comencin a moure's quan el martellet està a 23 mm. (Meitat del interval d'impuls del recorregut) cap a la corda. Regular l'altura del pedal afluixant el cargol que sosté la barra de ferro del amortidor, ajustant l'altura i seguidament estrenyent el cargol.

Comprovar de nou el mecanisme i revisar l'elevació dels amortidors. Una vegada que s'han preparat les mostres, elevar el mecanisme que sosté i mou els amortidors i posar-ho a la mateixa altura. De seguida afluixi tots els cargols, reguli els cabrestants de les varetes de ferro procurant quedin a la mateixa alçada, i els caps dels amortidors quedin espaiades. De seguida premi tots els cargols de les varetes de ferro dels apagadors perquè els caps dels amortidors quedin correctament alineades.

Elevació de amortidors amb el pedal: Una vegada que els amortidors han estat ajustats i alineats, revisar novament perquè la seva elevació sigui parella quan s'usa el pedal. Per ajustar-los, afluixar el cargol en el caixetí del apagador i moure la palanca cap amunt o cap avall.

*Imatge 129. Alineació dels amortidors*

Altres normatives de interès

Relatiu a totes el conjunt de normatives sobre el manteniment del piano, bàsicament afinació i canvi de components, es concreten una sèrie de normatives sobre qui ha de ser el personal adequat amb una formació i coneixements determinats per fer ús de segons quins mitjans per afinar el piano. En aquest link es concreten tota el conjunt de normes i competències que tenen els afinadors en el estat espanyol.

També tota la sèrie de característiques que es necessiten per qualificar a un regulador de pianos, les unitats formatives i assignatures que cal fer en un curs per poder exercir com a tal.

FICHA DE CERTIFICADO DE PROFESIONALIDAD				
(ARTG0412) AFINACIÓN Y ARMONIZACIÓN DE PIANOS (RD 985/2013, de 13 de diciembre)				
COMPETENCIA GENERAL: Afinar y armonizar pianos, realizando la evaluación del estado y la planificación de las intervenciones, y desarrollando procesos de sustitución de piezas o elementos de la mecánica del piano, en condiciones de seguridad laboral y protección ambiental, y con garantía de calidad.				
NIV.	Cualificación profesional de referencia	Unidades de competencia		Ocupaciones y puestos de trabajo relacionados:
3	ART635_3 AFINACIÓN Y ARMONIZACIÓN DE PIANOS (RD 1036/2011, de 15 de julio)	UC2117_3	Evaluar el estado del piano	<ul style="list-style-type: none"> Afinador de pianos Técnico afinador de pianos
		UC2118_3	Planificar la intervención para la afinación, armonización y regulación de pianos	
		UC2119_3	Sustituir las piezas o elementos del mecanismo del piano y prepararlo para su intervención	
		UC2120_3	Afinar pianos	
		UC2121_3	Armonizar pianos	
		UC1690_2	Organizar de la actividad profesional de un taller artesanal.	

Imatge 131. Competències requerides per l'afinació de pianos

FICHA DE CERTIFICADO DE PROFESIONALIDAD				
(ARTG0512) REGULACIÓN DE PIANOS VERTICALES Y DE COLA (RD 985/2013, de 13 de diciembre)				
COMPETENCIA GENERAL: Regular pianos verticales y de cola, realizando la evaluación del estado y la planificación de las intervenciones y desarrollando procesos de sustitución de piezas o elementos de la mecánica del piano, en condiciones de seguridad laboral y protección ambiental, y con garantía de calidad.				
NIV.	Cualificación profesional de referencia	Unidades de competencia		Ocupaciones y puestos de trabajo relacionados:
3	ART637_3 REGULACIÓN DE PIANOS VERTICALES Y DE COLA (RD 1036/2011, de 15 de julio)	UC2117_3	Evaluar el estado del piano	<ul style="list-style-type: none"> Regulador de pianos verticales Regulador de pianos de cola Técnico afinador de pianos
		UC2118_3	Planificar la intervención para la afinación, armonización y regulación de pianos	
		UC2119_3	Sustituir las piezas o elementos del mecanismo del piano y prepararlo para su intervención	
		UC2127_3	Regular la mecánica y los pedales de pianos verticales y de cola	
		UC2128_3	Regular los apagadores de pianos verticales y de cola	
		UC2129_3	Regular el teclado de pianos verticales y de cola	
		UC1690_2	Organizar la actividad profesional de un taller artesanal.	

Imatge 130. Competències necessàries per la fabricació i reparació de pianos

Referent a la normativa de cara al manteniment durant la vida útil del producte, s'estudia que diuen al respecte els majors fabricants del món i es realitza un anàlisi i síntesi del que podria convindrà més per al tipus de piano del qual tracta aquest projecte.

Tenir en compte la ventilació del piano: la millor ubicació per un piano és en mig d'una habitació o a prop d'una paret interior, ja que al costat d'una paret que dona al exterior, les condicions climatològiques poden malmetre la qualitat o volum del piano, cal afegir que és necessari que les altres cares del piano no han de estar rodejades, ja que cal que el piano tingui una certa ventilació de interior.

Evitar finestres: tractar de no col·locar el piano a prop d'una finestra. Majoritàriament el piano està format de fusta amb lo qual ha d'estar protegida de la llum solar directa, la humitat i els

canvis bruscos de temperatura. Les finestres que donen al exterior ofereixen menor protecció, en cas de que n'hi hagi una a prop és recomanable que tingui cortina.

Evitar la calor: mantenir el piano allunyat de fonts de calor com ara radiadors o estufes. Aquests poden danyar el acabat i les peces internes causant un deteriorament del afinat i els ajustaments del piano.

Condicions adequades signifiquen millor so: els pianos funcionen i sonen millor quan la temperatura i humitat són les correctes. Una ventilació apropiada és molt important. En línies generals, una humitat relativa entre 50 i 60 per cent és ideal pels pianos acústics. El ús de materials com la fusta, feltre i altres, significa que moltes parts del piano són molt delicades.

La humitat afecta al piano: el feltre, cuir o la fusta (alguns components amb toleràncies de fabricació de alta precisió com 1/100 mm de marge) utilitzades en el mecanisme, són molt sensibles a la humitat. Un excés de humitat significa un mal funcionament del mecanisme.

Protegir el piano de la humitat: cada fabricant té les seves pròpies normatives però les més funcionals serien; en dies de pluja o nuvolats, tancar totes les finestres de l'habitació on es troba el piano, assegurar-se de tancar la tapa que cobreix les tecles i col·locar el drap que cobreix el teclat els dies de pluja, ja que absorbeix la humitat.

Evitar una sequedat excessiva: massa humitat és un problema però un excés de sequedat és més problemàtic, sobretot en entorns on hi ha calefactors o sistemes de condicionament que des-humidifiquen l'ambient, el propi piano ja posseeix suficient humitat natural per prevenir la sequedat interna, però si l'exterior és massa sec, els components de fusta i feltre s'encongiran, el teclat, la juntures o fins i tot, la pròpia caixa de ressonància poden disminuir les seves dimensions i així també les seves prestacions sonores.

Evitar canvis bruscos de temperatura: quan es calenta un habitació fred de cop, la humitat es condensarà en les cordes del piano i en altres parts metàl·liques, causant així l'aparició de floridures, les parts felpades absorbiran la humitat, afectant al mecanisme i produint uns sons poc clars. Cal ser conscient dels canvis de temperatura dins de la habitació on es troba el piano.

Col·locar el piano allà on soni millor: ha de ser ubicat en un entorn on el so estigui ben distribuït, ja que si es col·loca en un espai on tots els sons es barregen en un punt, produirà uns ecos i reverberacions no desitjats, per tant, cal que sigui un espai ampli on no hi hagi molta presència de fusta ni parets inclinades.

No col·locar objectes sobre del piano: un objecte pesat pot ocasionar un to pobre o vibracions sorolloses si es col·locat sobre el piano. Un gerro pot veure's molt atractiu sobre un piano però si volques i caigués aigua que penetres dins del piano, significaria un deteriorament força seriós. L'aigua oxidaries les parts metàl·liques del piano i faria malbé el martellet i el seu moviment. Així doncs, és prioritari eludir costosos accidents i no posar sobre el piano res que no siguin partitures o en tot cas un metrònom.

Substàncies que no poden ser vessades en el piano: productes plàstics (excepte polietilens), productes de vinil, qualsevol líquid amb alcohol, cosmètics, insecticides, aerosols o pintures.

No permetre que s'acumuli pols en el piano: cal treure regularment la pols del piano, ja que aquesta pot entrar dins i malmetre el funcionament del piano, així doncs amb un drap suau i un plomer repassar la superfície.

Mantenir el teclat net: el teclat ha de ser netejat periòdicament amb una tela suau i seca. Mai utilitzar netejadors que continguin alcohol ja que les tecles es poden estellar. Si el teclat està molt brut, fregar amb una tela ben exprimida després d'emprar-la en una solució sabonosa.

Encara que mai s'haurà de fer servir la mateixa tela per netejar el piano. Un bon hàbit a cultivar és mai tocar el piano amb les mans brutes. Així el teclat es mantindrà net més temps.

Afinació i ajustaments: els pianos són instruments delicats que requereixen d'atenció professional periòdicament. Bàsicament hi ha dos tipus de cuidat professional pel piano: afinació i ajust. Afinació significa corregir el diapasó de cada nota reajustant les cordes. Cada corda del piano es normalment tensada a una pressió propera al 90 kilograms però eventualment la corda s'estirarà més amb l'ús perdent la freqüència adequada.

Les cordes necessiten ser afinades dos vegades al any per a tornar-li la tensió corresponent. El ajust compren la acció total del piano, moviments del teclat i pedals. Un ajust correcte és especialment important pels pianos de cua. Que el piano toqui perfectament o no, depèn de la precisió amb la que ha estat ajustat. El afinament i el ajust deuen ser realitzats només per experts. Quan el piano requereixi un o altre cal posar-se en contacte amb un professional.



Imatge 133. Instrument que fa rotar els pins del claviller per tensar les cordes



Imatge 132. Cunyes de goma utilitzades per apagar la vibració de les cordes

Embalatge i transport. Packaging

El piano és un producte on aquests dos aspectes (embalatge i transport) van molt lligats, ja que les dimensions, pes o fragilitat d'aquest no són les habituals d'un producte, així doncs tant el packaging com el trasllat han de ser específics a les premisses mencionades i coordinades entre elles, és a dir, no es pot col·locar en un piano en un caixa qualsevol sense proteccions ni en un vehicle prou gran per a que hi càpiga.

El primer que sobta referent al packaging d'aquest producte, és la quantitat de fleixats i precintats que es duen a terme, és evident que el piano és un producte fràgil i car, per tant, s'ha de protegir contra qualsevol tipus de impacte, frecs o sacsejades, però seguint amb la línia del projecte, el que es pretén és optimitzar al màxim els materials i recursos utilitzats, per tant, de cara al packaging s'escull la opció de fer una caixa amb espumes que es pugui reutilitzar fàcilment, per així, evitar haver de fer tots aquests precitats i fleixats cada cop que es vol traslladar un piano (s'estalvia plàstic i hores de operaris).

Així doncs, aquesta caixa, dins seu haurà d'incorporar el material de protecció necessari, per evitar els possibles danys que pot patir un piano durant el trajecte des de sortida de fàbrica fins a la destinació que indiqui el client.



Imatge 134. Operacions del embalatge d'un piano de Steinway & Sons

Cal incloure que els draps que s'observen en les dos primeres imatges són necessaris si el piano ha d'estar guardat en stock fins que s'envia al client, ja que el protegeix de la humitat i el cobreix de la pols i possibles petites mermes en la superfície. Per altre banda, tots els atres precintats (sobretot el típic plàstic de boles) són per evitar que el piano colpegi directament amb la caixa, disipar la energia del impacte i no malmetre el piano. Però tornant a lo mencionat, per cada enviament s'ha de repetir el procés i això significa una gran quantitat de plàstics que després no es tornaran a fer servir, i una rutina d'uns operaris que s'haurà de remunerar.

Així doncs, la via plantejada en aquest projecte, és més semblant a la que utilitzen en el món automobilístic per a components grans, com poden ser bastidors, quadres de comandament, carcasses,... que no pas la de propia indústria del piano.

Les característiques principals d'aquest tipus d'embalatges són:

- Caixa de cartró ondulat ACC (canal triple o triplex) d'uns 14 mm que té una gran resistència tant a apilament, a impacte o abombament i com tot tipus de cartró és molt fàcil de reciclar.
- Utilitzar espuma o foam a mida dels diferents components, ja que absorbeix impactes externs i impedeix el moviment del producte dins de la caixa.

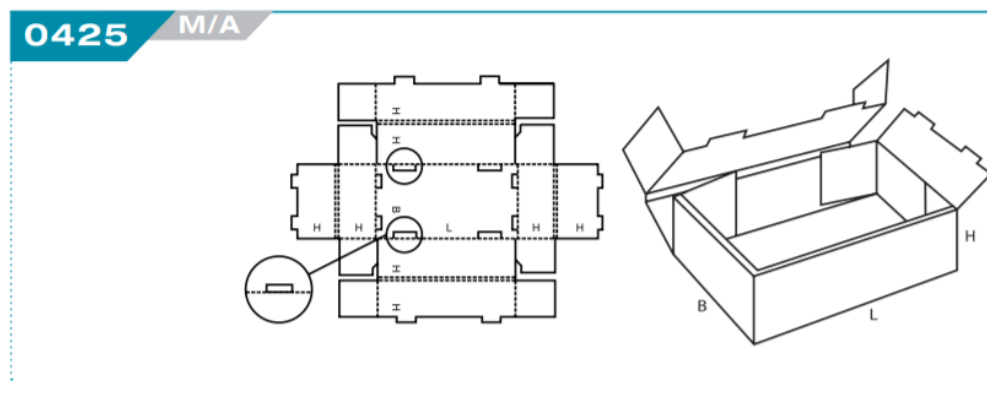
- Reforços de cartró per separar i fixar submòduls dins la caixa en aquest cas: el cos del piano, les potes i els pedals. Així limitant al mínim moviments interns

Els avantatges de realitzar el packaging d'aquesta forma són:

- La reducció de cost econòmic i ecològic del producte, mantenint la qualitat del producte al entregar-se, és a dir, la protecció que oferirà serà la mateixa que la d'una caixa de fusta.
- La facilitat de tractament d'aquest material, ja que mitjançant un ploter es pot fabricar la caixa a mesura que es requereixi amb les geometries necessàries.
- Diferents tipus de tancament: grapat, encolat, fleixat o precintat
- El pes del embalatge serà molt menor
- Facilitat de introduir i extreure el producte sense partir la caixa

El model utilitzat per a cada caixa serien dos FEFCO 425, per a fer tapa i fondo, aquest model es tracta d'una caixa montable, és a dir que no requereix de cinta aillant o d'algun sistema extern per tancar la caixa sinó que simplement amb la pròpia geometria del cartró tanca la cara de baix del piano, en aquest cas seria un lateral de la caixa, ja que el piano de cara al transllat i posterior exterior, es col·locaria en horitzontal, com és la seva posició natural, i així l'extracció del piano serà molt més fàcil. Després es requeria una caixa del mateix model però amb mides diferents per a les potes.

S'ha de dir que respecte altres tipus de caixes aquesta no queda cap pestanya ni solapa a la vista tot quedat tapat per el propi cartró donant-li així més rigidesa i queda més ben acabada.



Imatge 135. Plànol constructiu del model Fefco 425 i visualització 3D un cop muntada

Propietats del cartó ACC105:

- Densitat: $0,85 \text{ kg/m}^2$
- Preu: 1.2 euro el metre quadrat
- Mòdul de Young: 9 GPa
- Límit elàstic: 34 MPa
- Resistència a fractura: $10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$



Imatge 136. Cartró ACC i recoberta interior

-Aïllant tèrmic i elèctric

-CO₂ emès durant la producció: 1.23 kg/kg

Mida de la caixa pel cos del piano:

Mida de la caixa per les potes:

Per altre banda, referent al transport, la opció més viable és subcontractar una empresa especialitzada, ja que per les característiques del piano (pesat i fràgil) requereixes d'uns mitjans i mètodes concrets que no són fàcils de aplicar, com poden ser els "carriers", una espècie de vagonetes que fa una funció de transpalet amb uns tirants específics i per suposat, uns procediments de manipulació concrets per evitar danys en el piano.

Ens trobem que el pressupost està entre els 200 i 500 euros a nivell nacional, depenent és clar de: la distància, de cua (més car) o paret, dificultats (escales),... Però majoritàriament, com es menciona a la web de Uship sobre Piano Movers, s'estableix que el preu de transport d'una milla són 4.53 dòlars que el viatge és menor a 100 milles i 0.84 dòlars per milles quan és menor que 1000 milles però cal dir que en aquest aspecte l'experiència és un grau, ja que com s'ha mencionat el trasllat d'un producte d'aquest tipus no és tasca fàcil.



Imatge 137. Piano subjectat per una grúa durant el trasllat d'aquest

Les millors companyies disposen de flotes de camions que regulen la humitat i la temperatura dins del seu trailer, afinadors vinculats que ajusten el piano un cop ja arribat a la seva destinació, control GPS en temps real i evidentment, mètodes de manipulats que garantitzen una alta fiabilitat.

Així doncs, si es volgués aplicar el "Do It Yourself" en aquest aspecte, no sortiria a compte, ja que el marge de diners guanyats seria molt escàs, posant en risc la integritat del piano per no tenir les eines i mitjans corresponents.

Impacte ambiental i cicle de vida (PLM)

Impacte ambiental i social del producte

Aspectes ecològics i sostenibles del producte (EcoDisseny)

Una de les premisses fonamental del disseny del piano és que fos assequible per un ventall més ampli de públic, així doncs, també s'ha pretès que aquest piano fos més assequible pel medi ambient a l'hora de produir-se i dipositar. Per tant, d'aquí s'extreu valor afegit amb dues vessants, una social i una ecològica/mediambiental.

Socialment, com ja s'ha comentat, els usuaris que no interactuen amb el piano, el conceben com quelcom arcaic, passat de moda o fins i tot obsolet, ja que actualment ja hi ha teclats electrònics que tenen un qualitat de so gairebé igual a la d'un acústic. Però a la vegada, és quelcom desconegut per ells, ja pot ser per la manca d'interès en experimentar-lo o majoritàriament, per el elevat preu que té. Així doncs, s'ha projectat el piano desenvolupat amb la idea de unir aquest instrument musical amb un sector de la població que consideraven que és massa car per lo "retro" que és.

Llavors, des de l'altre perspectiva, és a dir, els que toquen el piano habitualment, ja estan satisfets amb el que tenen, no es vol renunciar a un pèrdua de qualitat sonora per baixar el preu, impera l'harmonia musical per sobre de qualsevol altra raó, això implica una poca propensió al canvi. No obstant, són canvis per facilitar l'ús d'aquest, també quan ja saps tocar el piano, perquè molts usuaris acaben desistint del piano degut a les problemàtiques tractades.

Resumint, s'ha procurat apropar el piano a un major nombre d'usuaris i mantenir als que ja en fan ús, això implica, que més gent pugui entrar i quedar-se en el món musical, sigui del gènere que sigui, ja que el piano no només és una "eina" per interpretar i compondre música sinó també, evidentment, per compartir-la, i pocs entorns són igual d'internacionals que la música, o en altres paraules una forma expressió d'art i cultura universal.

Per altra banda, a nivell ambiental, a l'hora de realitzar el disseny formal i en l'elecció de materials/processos s'ha aplicat el criteri més adequat per reduir el major possible la petjada ecològica d'aquest producte, ja que en línies generals, els pianos que hi ha actualment al mercat no destaquen en aquest aspecte, degut fonamentalment, al costós procés de fabricació i muntatge d'aquest, on difícilment s'hi poden eludir passos, tot i això, en aquest projecte apliquem processos més actuals que són més econòmics i que rebaixen el cost energètic de fabricació, per altre banda, la reformulació d'alguns components (pedals) on aplicant-hi noves tecnologies, s'estalvia material que farien la mateixa funció.

Cal recordar, que en el disseny formal dels diferents components s'evita realitzar processos, com és el cas de doblegar la fusta (anell), haver-la de homogeneïtzar i guardant-la en ambients controlats, on la seva temperatura i humitat estan controlades, així incrementant el cost energètic no només en el procés sinó en el post-procés. Per el que s'ha optat és dividir el cos del piano i evitar corbes simplement peces unides mecànicament en angles arrodonits.

També de cara al manteniment del producte, s'ha pretès que qualsevol component perduri el major temps possible i que la substitució de peces sigui la menor possible aplicant-hi materials de primera qualitat com és el cas del mecanisme (compòsit fibra carboni amb epoxi) que no s'estria i es deforma com la fusta amb el pas dels anys i resisteix millor condicions ambientals com la humitat, com és evident, es vol que només calgui la intervenció del afinador, cada un cert període de temps per corregir la acció de la tensió de les cordes, la càrrega que rep el claviller,...

Per últim, s'ha integrat un material amb la intencionalitat de transmetre un doble missatge, ja que podria ser excessivament radical la seva elecció en un piano avui en dia degut als canons classicistes i conservadors d'aquest, que és el bambú, el missatge és que només els prejudicis frenen la incorporació de nous materials i elements en general, en aquest instrument per el motiu comentat. Ja que el bambú com podria ser el cas d'altres materials, són totalment funcionals en els components on hi son presents, en aquest cas, és el peu del piano i recolzador de les tecles, com s'ha mencionat el bambú té una alta resistència a fatiga i esforços a compressió, un exemple, és la seva aplicació en construccions o mobiliari.

L'altra part del missatge es refereix a que no només la indústria dels instruments musicals sinó de moltes altres, consideren que la seva font de matèria prima és totalment il·limitada i renovable, i com és evident, el cas de la fusta no ho és, en aquesta proposta s'integra fusta contraxapada, és a dir, sobrant d'altres intervencions, que moltes companyies no ho volen incorporar pel simple fet de que baixa el prestigi del seu piano o un altre cas seria, el acer reciclat que s'incorpora en el bastidor del piano a desenvolupar, tant un component com l'altre no disminuiran la qualitat sonora ni produiran cap desavantatge funcional sinó per dir-ho d'alguna forma, "conceptual". Un exemple molt clar del que venen a ser aquest prejudicis, és que fins fa relativament poc, el pianos amb tecles d'ivori natural no estaven prohibits i estaven més cotitzats.

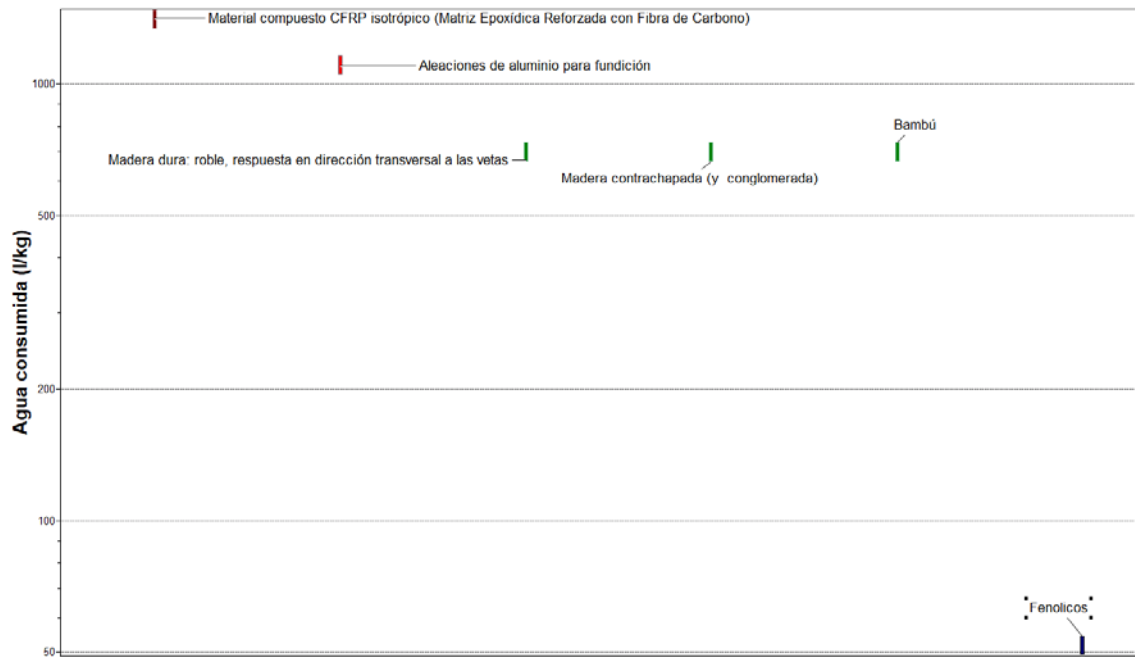
Finalment, remarcar que molts pianos que queden en l'oblit ja sigui perquè el usuari perd l'interès en aquest o simplement perquè els danys que té són irreparables, no acostumen a ser fàcilment tractables per reutilitzar la matèria prima.



Nivell de contaminació

Per a poder avaluar d'una forma aproximada la quantitat de recursos que s'utilitzaran en la fabricació del piano, es mostraran els materials que el conformen, diferents gràfics del Edupack on es representen aquests, en funció de paràmetres mediambientals.

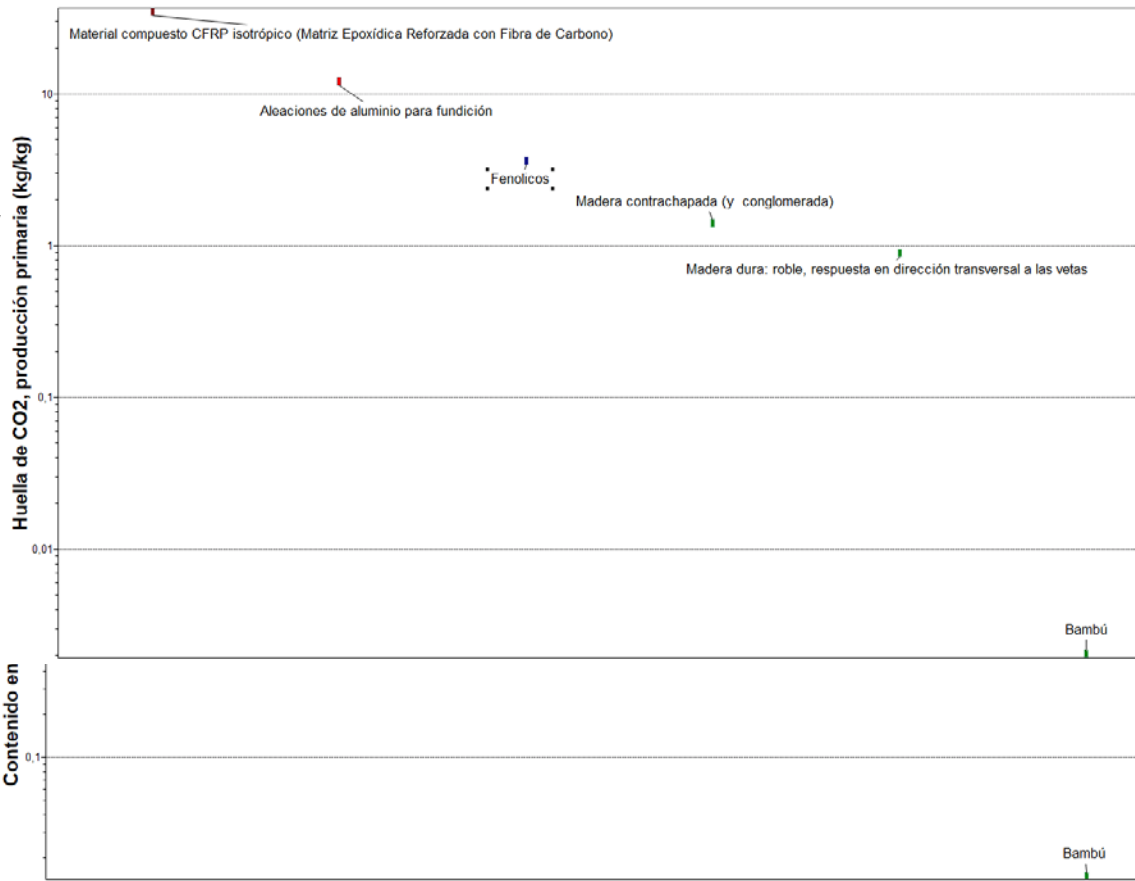
Litres d'aigua consumits per kilogram produït:



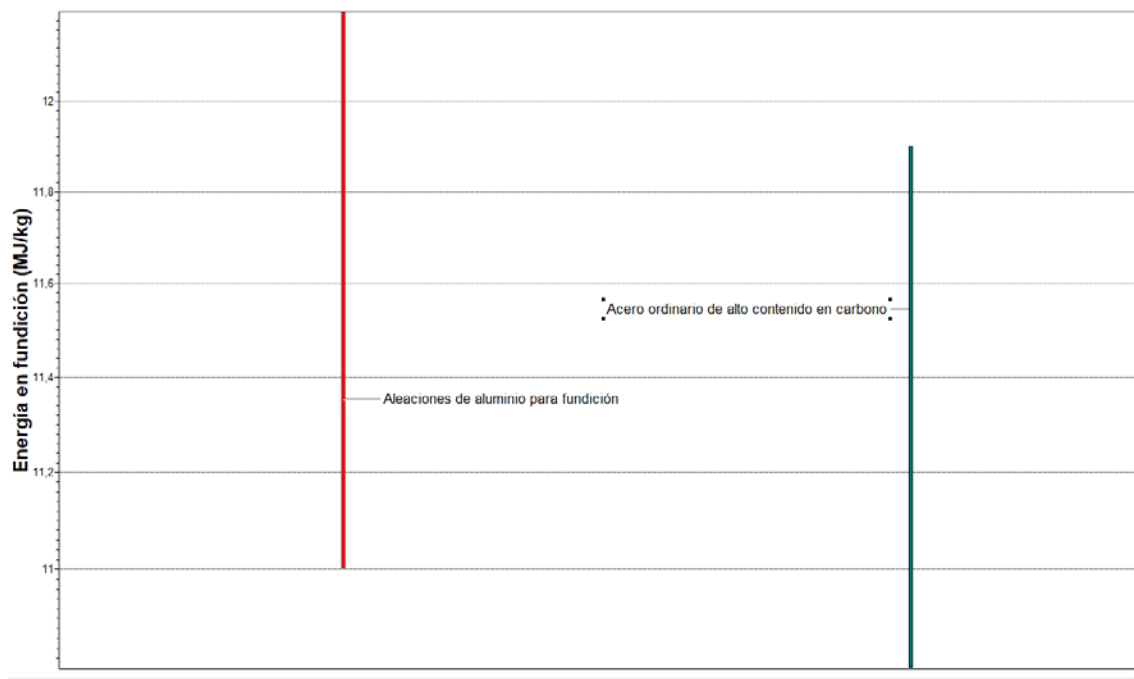
Imatge 139. Gràfica impacte mediambiental 1

MegaJoules per kg en producció primària

Petjada CO₂ en kg per kg produït



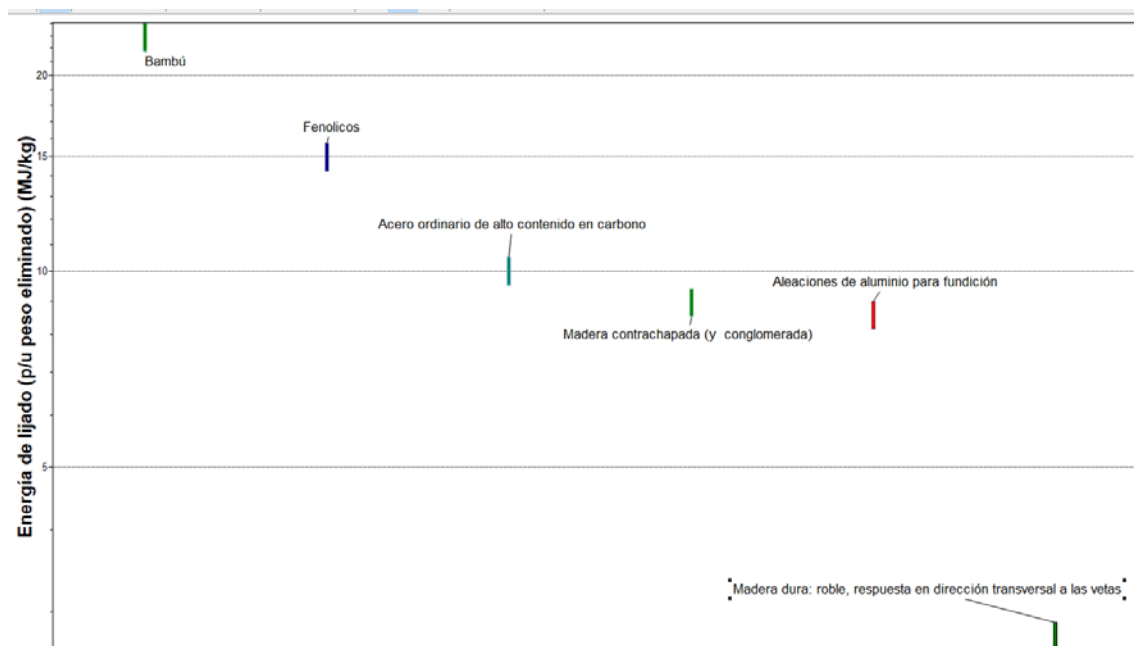
Megajoules en procés de fundició per kg produït



Imatge 142. Gràfica impacte mediambiental 4

Energia per sintetitzar el compost de fibra de carboni (implicació resines)= 15 MJ per kg

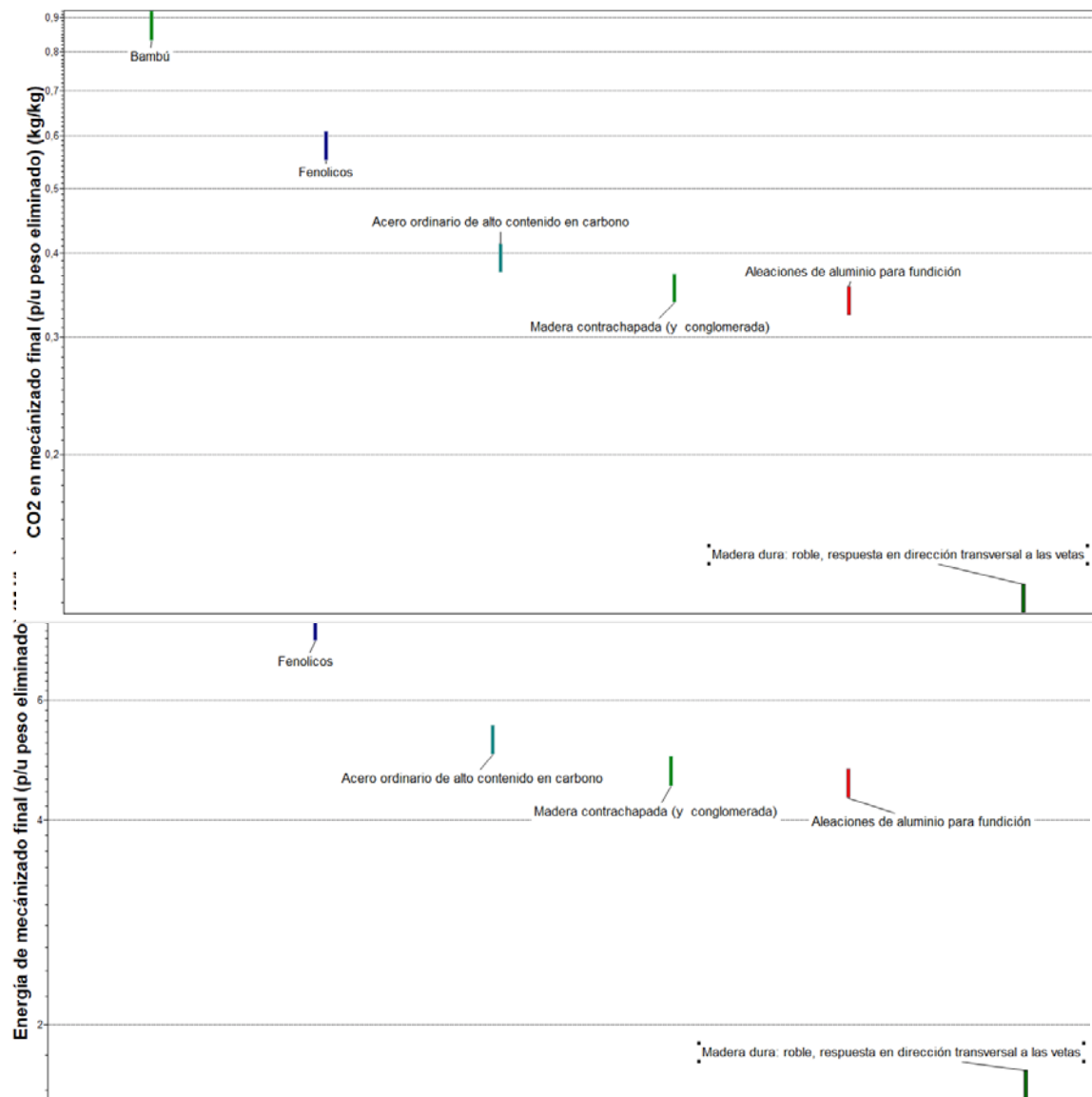
Megajoules utilitzats per pulir un kg sencer eliminat:



Imatge 143. Gràfica impacte mediambiental 5

Megajoules per mecanitzar un kg sencer eliminat:

Kg de CO₂ produïts per mecanitzar un kg sencer eliminat:



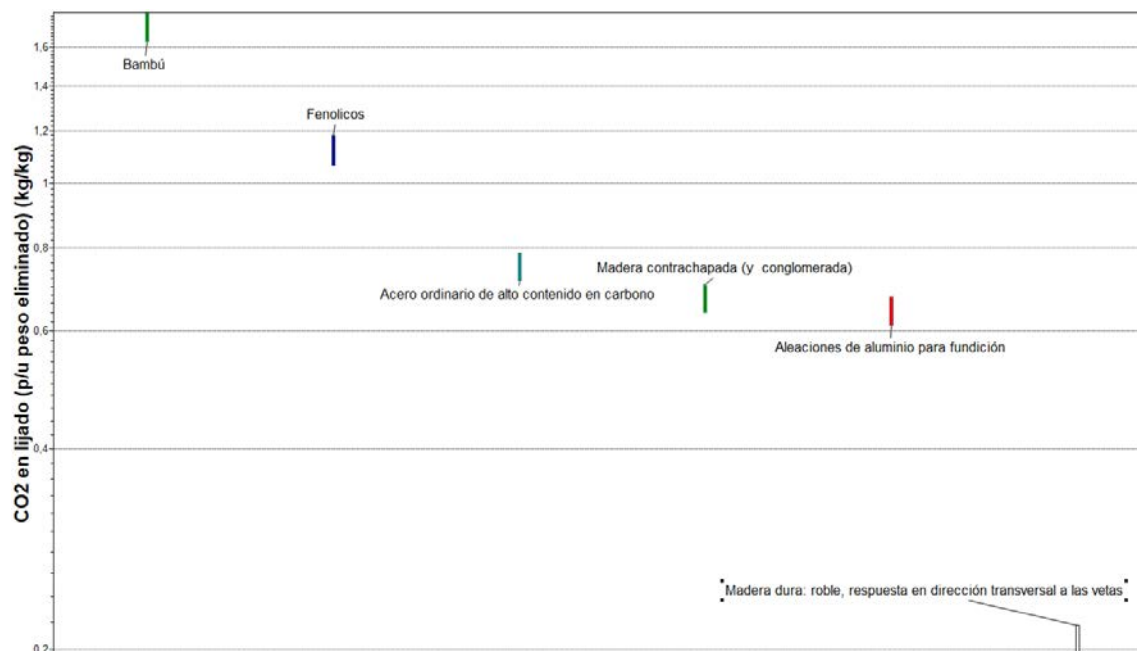
Imatge 144. Gràfica impacte mediambiental 6

Kg de CO₂ produïts per polir un kg sencer eliminat:

Kg de CO₂ produïts per conformar un kg de fibra de carboni: 2.1 kg

Material (1kg)	Aigua (L)	Energia (MJ)	CO2 (Kg)
Components fibra	1.4	165	27.1
Components alumini	1.1	133.5	11.9
Components acer	1	146	11.1
Components fusta	0.6	20	1.7
Components bambú	0.6	30	1.6
Components plàstic	0.05	95	6.8

Imatge 147. Taula resum del impacte mediambiental i recursos consumits



Imatge 146. Gràfica impacte mediambiental 8

Tot i que aquest càlcul només es refereixi a un kg de cada tipus de material, cal remarcar que ja és interessant comprovar que els materials que més abunden en el piano (fusta i bambú) seran els que menys rebuig crearan, en línies generals. En altres paraules, en el piano hi haurà més quilograms de fusta i bambú que de fibra de carboni o l'alumini (que requereix més recursos per a la fabricació).

Es poden establir de manera orientativa, els pesos de cada tipus de components per saber

aproximadament, les xifres definitives de consum per a la fabricació de cada component.

	Aigua	Energia	CO ₂	
Fibra carboni x 20 kg=	28 L	3300 MJ	542	Kg
Alumini x 10 kg=	11 L	1335 MJ	119	Kg
Acer x 50 kg=	50 L	7300 MJ	555	Kg
Fusta x 200 kg=	120 L	4000 MJ	340	Kg
Bambú x 50 kg=	30 L	1500 MJ	80	Kg
Plàstic x 5 kg=	0.25 L	475 MJ	34 Kg	
TOTAL	239.25 L	17910 MJ	1670 Kg	

Aquestes seria el consum d'aigua, energia i kilograms emesos de CO₂ per cada unitat produïda, d'una forma estimada, encara que siguin uns nombres força elevats, cal dir que comparat amb la majoria de pianos que hi ha actualment en el mercat, els números són realment baixos, degut al ús de materials menys sostenibles i en majors quantitats. Afegir que com és evident, el cas del piano, és un producte que en el cicle de vida només contamina en la seva producció, ja que durant el seu ús només requereix de la energia mecànica del usuari que es transmesa al mecanisme colpejador.

Reciclatge del producte

En aquest apartat igual que l'anterior, s'avaluarà de forma aproximada el que comportaria el reciclatge de cada tipus de component en funció del material, i a posteriori, com la majoria de material és fàcilment reciclable o fins i tot, biodegradable com la fusta i el bambú, es poden estudiar opcions per la incorporació directa del material en el medi ambient, és a dir, prescindint o substituint segons quins lacats o tractaments que utilitzin substàncies tòxiques poder integrar els components d'una forma organitzada i controlada en un entorn natural.

Primerament cal avaluar quins materials són biodegradables i quins no, quins són reciclables i quins no ho són.

Biodegradables: Fusta, bambú

Reciclables: alumini, acer, fenòlics

"No reciclables": fibra de carboni

Tòxics: ---

Per tant, ara s'estudiaran les implicacions i aspectes mediambientals de cada material per establir quin criteri de reciclatge seria el més òptim:

La fusta és un recurs renovable, amb absorció de CO_2 a mesura que creix. Avui en dia s'utilitza per a propòsits de enginyeria produint-se fàcilment mitjançant la plantació i conreu controlat, fent de la fusta un material realment sostenible i biodegradable. Seguint la línia d'altres empreses fabricants de pianos, tota la fusta restant de mecanitzats, seria entregada a fàbriques de joguines que en farien un ús directe, prescindint de processos de reciclatge.

El bambú és un recurs és un recurs renovable degut al seu ràpid creixement, cal afegir que és totalment biodegradable.

El alumini és un material molt abundant però no renovable. Es necessita molta energia per a extraure el alumini metall, però és fàcilment reciclable amb un baix cost energètic.

El acer requereix poca energia per ser produït, la meitat que els polímers per unitat de pes. Per unitat de volum és el doble. Els acers al carboni són fàcils de reciclar i l'energia necessària per això és reduïda.

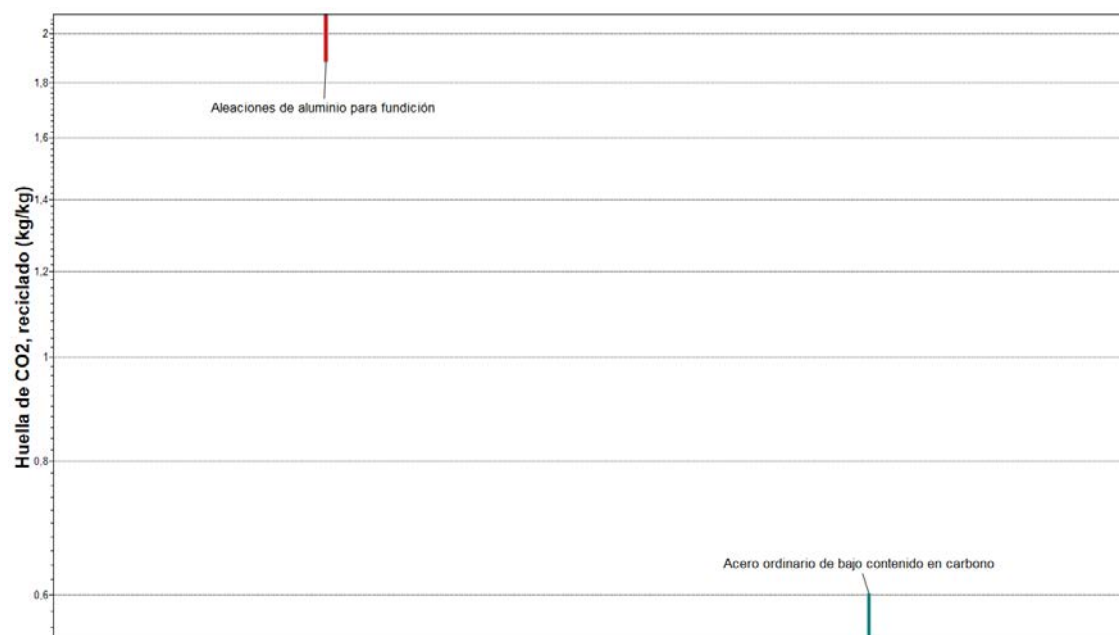
Els fenòlics són reciclables, però d'una forma diferents a la dels termoplàstics. Els fenòlics mollejats, mòlids en forma de pols fina, es poden barrejar amb matèria prima verge. En proporcions entre el 4% i el 12 % de fenòlic reciclat en la barreja, no degraden les propietats.



Imatge 148. Reciclatge de la fibra de carboni

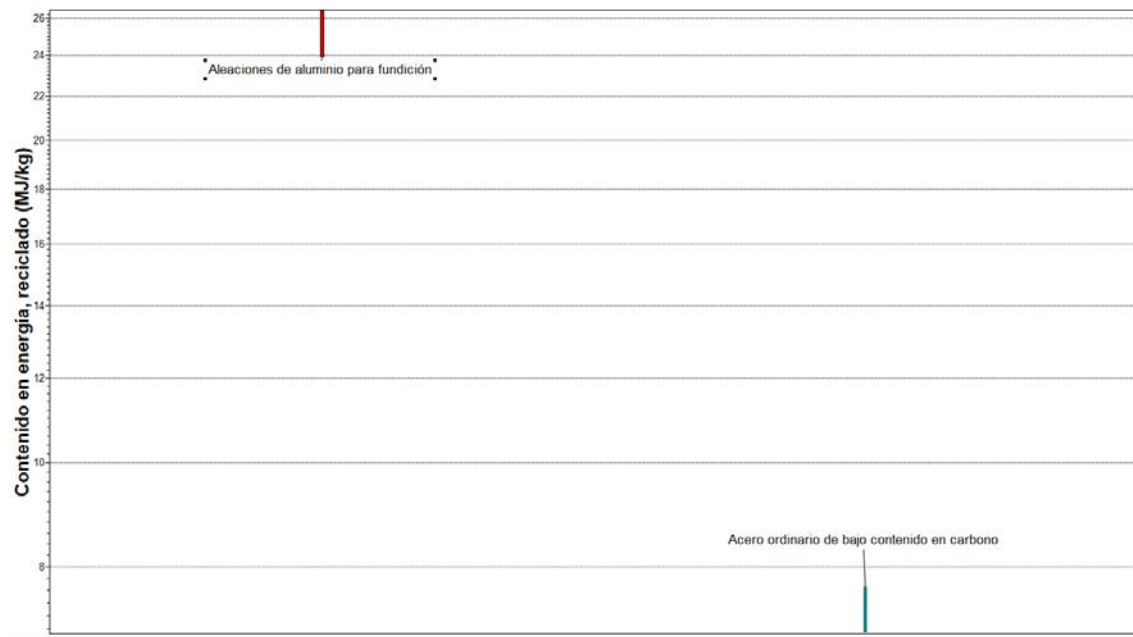
La fibra de carboni és un material que no és reciclable per processos habituals, s'ha de fer un tractament particulars com la solvòlisi (dissoldreu en un solut abrasiu) o la piròlisi (aplicar calor al component per a què es separin les fibres entre elles i de la matriu), i per últim, els investigadors del institut Hohenstein han desenvolupat un procés de biodegradació del compòsit mitjançant microorganisme que metabolitzen la matriu de resina epoxi, deixant lliures les fibres per a un altre ús.

Quantitat de CO_2 produïda durant el reciclatge d'1 kg



Imatge 149. Gràfica impacte mediambiental 9

Quantitat d'energia necessària per reciclar 1 kg



Imatge 150. Gràfica impacte mediambiental 10

	CO ₂	Energia
Component alumini x10 kg =	20 kg	250 MJ
Component acer x50 kg=	25kg	300 MJ

Comunicació de producte: Comunicació i visualització de la solució final

Definició final del producte

Renders de Producte

S'adjunten un recull de renderitzats aplicant les textures mencionades en l'apartat de Color & Trim, així també, variant les perspectives i els entorns/fons de la imatge, per així donar diferents percepcions de integració del producte.



Imatge 151. Render 1



Imatge 153. Render 2



Imatge 152. Render 3



Imatge 155. Render 4

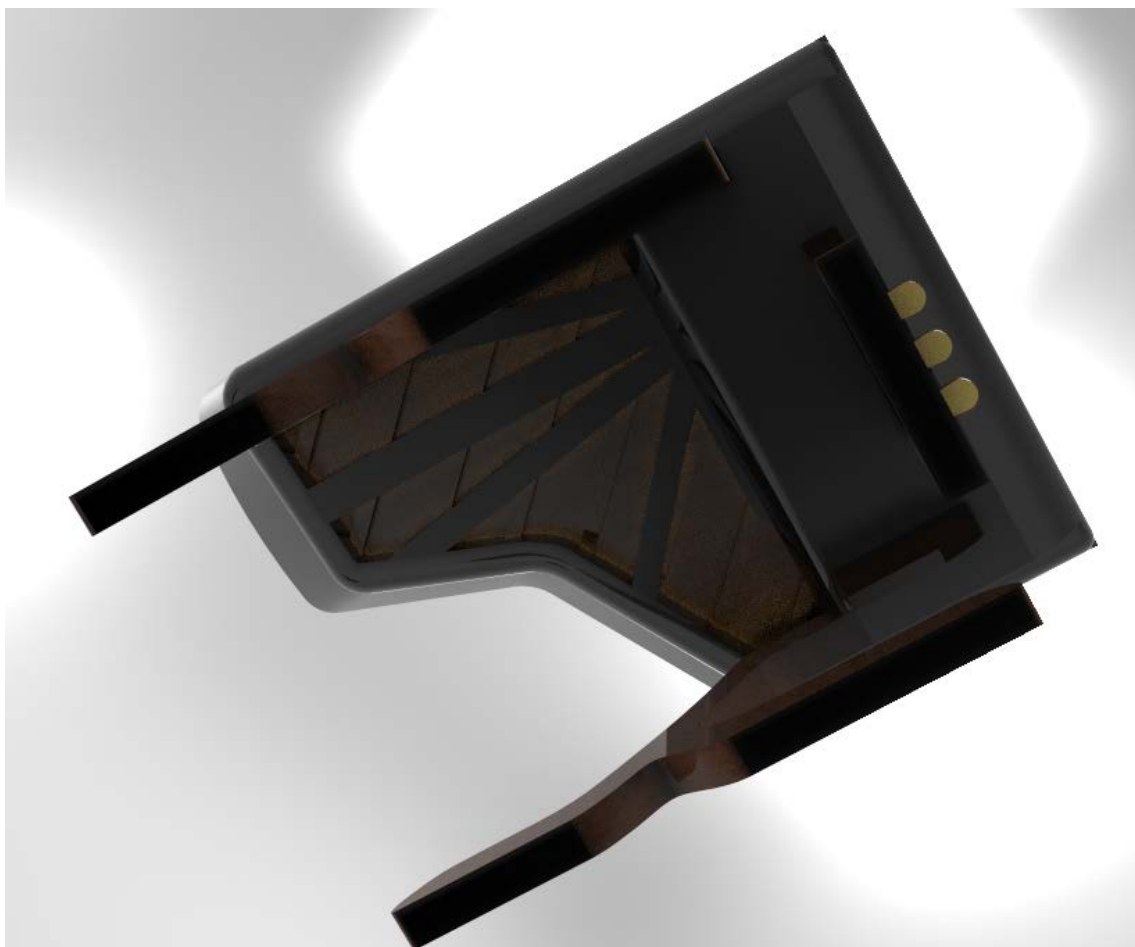


Imatge 154. Render 5



Imatge 157. Render 6

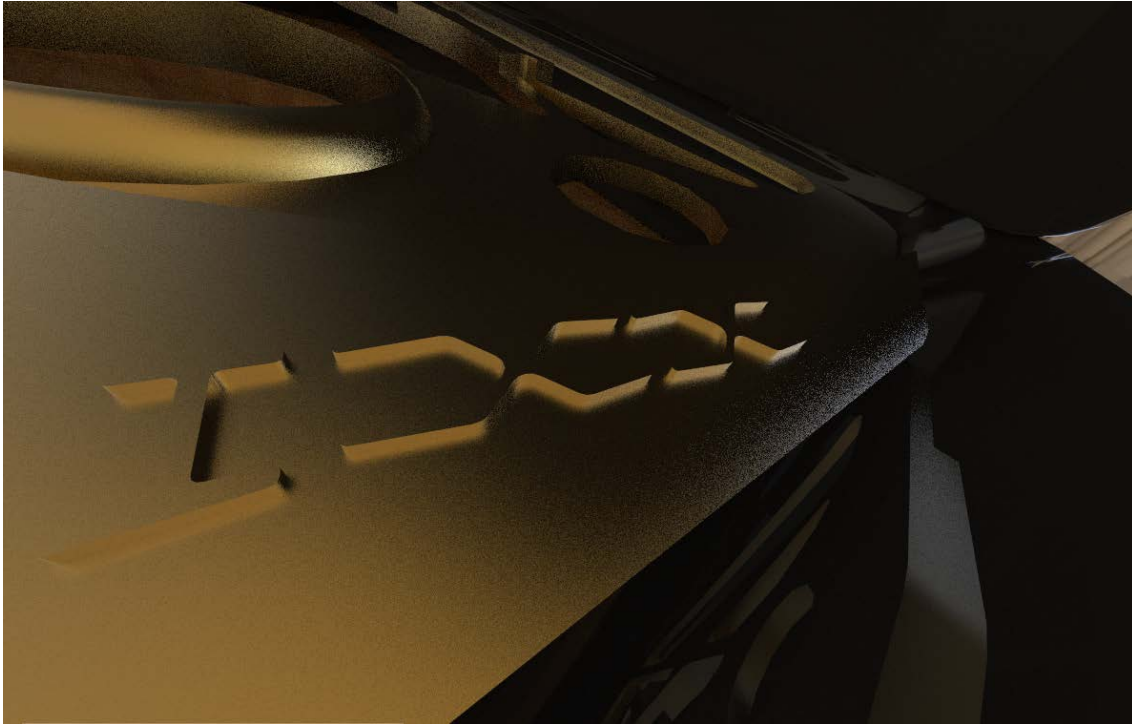




Imatge 159. Render 8



Imatge 158. Render 9



Imatge 161. Render 10



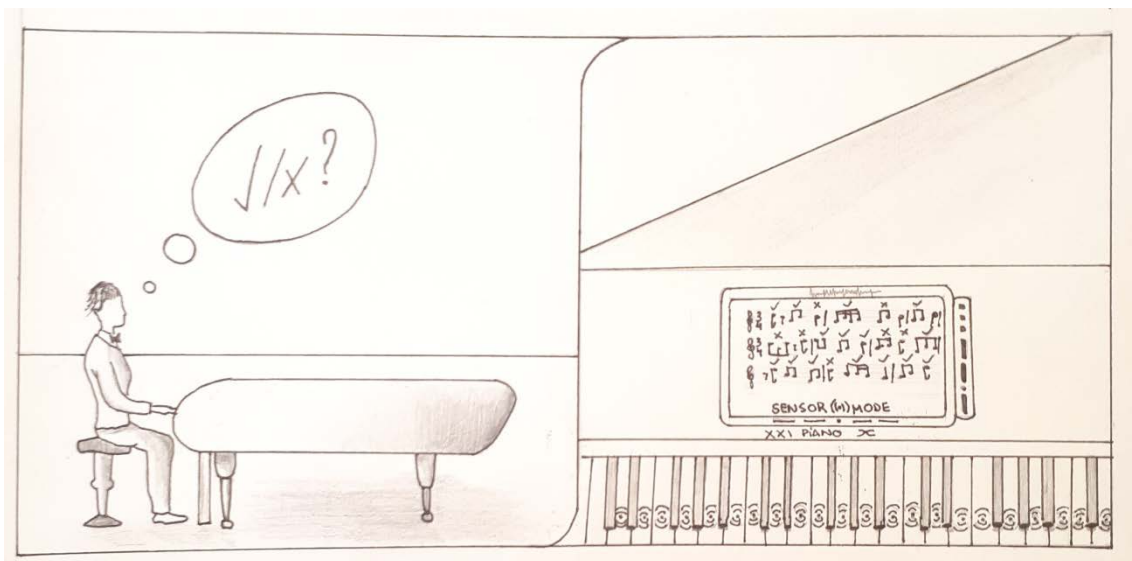
Imatge 160. Render 11

Contextualització del producte-Solució

Storyboard basat en la solució

Problema: l'usuari desitja interpretar una peça determinada però no disposa de la partitura, ja sigui perquè no la troba en la tenda o simplement se la deixat en un altre lloc.

Solució: incorporar tauleta en la zona del faristol, on descarregar i mostrar les partitures que el usuari desitgi, a més prescindint de passar les pàgines manualment.





Cal afegir, com s'ha anat mencionant al llarg del treball, que els sensors de pressió i els micròfons també faciliten la composició, ja que els sensors enregistrarien en la pantalla les notes que el usuari vagi tocant i el micròfon per gravar-ho.

Afegir-hi que la tauleta permetria reproduir tant els temes propis com qualsevol que l'usuari vulgui escoltar.

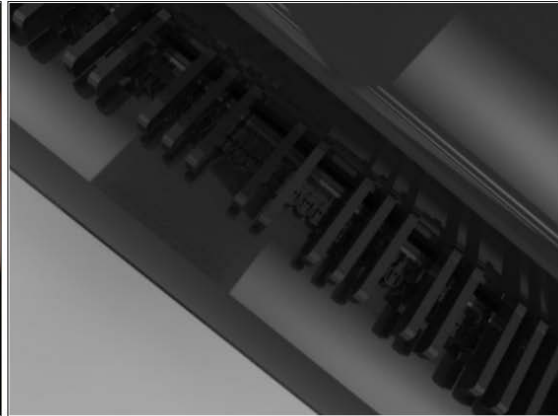
Problema: l'usuari necessita practicar la interpretació però és de nit, i evidentment, es vol evitar fer despertar als veïns amb el so del piano.

Solució: reduir el impacte del martell en les cordes, col·locant feltre entremig, limitant el so a un nivell imperceptible, però mitjançant uns petits micròfons poder gravar-lo i escoltar-ho a través d'uns

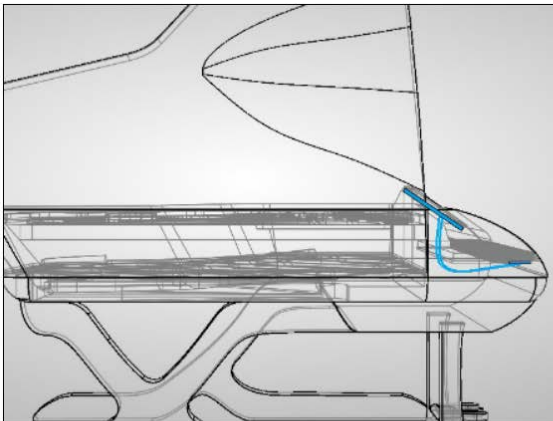
Funcionalitat i ús



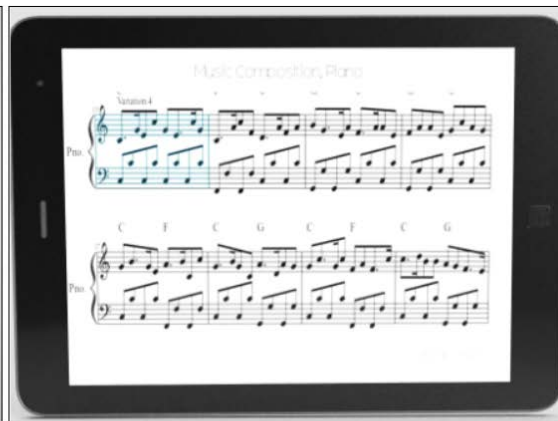
L'usuari polsa una determinada tecla, això acciona el mecanisme que colpeja la corda, com els altres pianos acústics, però sota del teclat...



Hi ha uns sensors de pressió que enregistren quines tecles apreta l'usuari, amb quina intensitat i amb quin interval de temps entre aquestes.



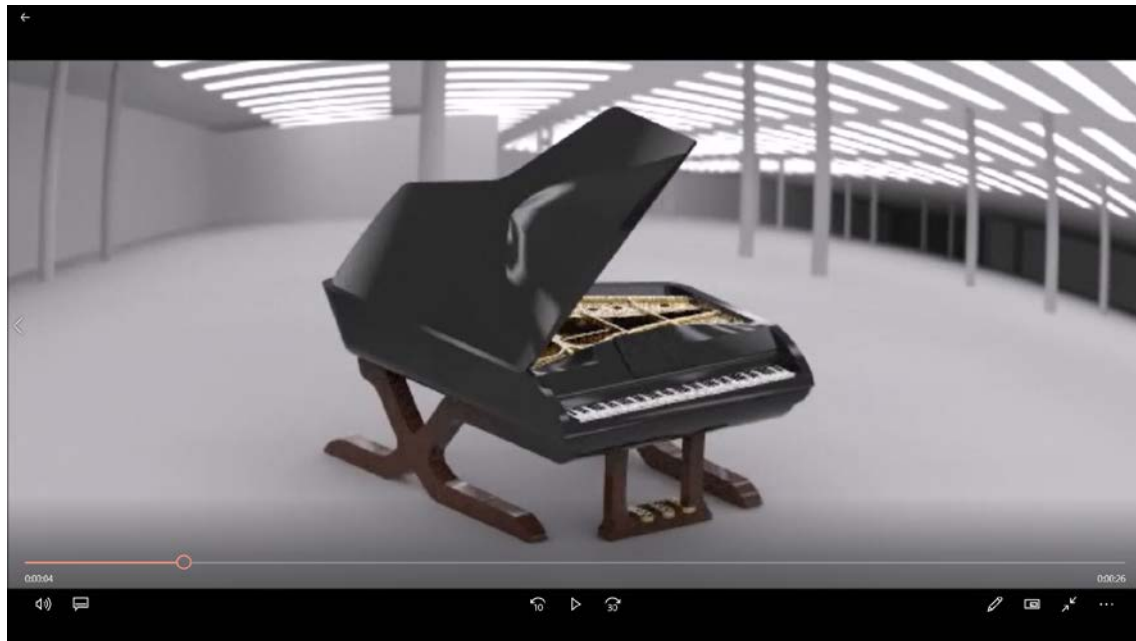
La informació recollida pels sensors és enviada a un processador, integrat en una tauleta col·locada on normalment es posen les partitures...



Aquesta tauleta mostrarà les notes que el usuari vagi polsant, ja sigui per corregir respecte la partitures que estigui interpretant o per "escriure-les" en el pentagrama, de cara a la composició.

Animació de Producte

Definició del producte



Imatge 162. Vídeo de promoció del XXI Piano inclòs en documentació complementària

Fitxa tècnica del producte

XXI Piano		
Color & Finish	Color	Banús Brillant/Black Piano
	Acabat	Polit
Mides/Pes	Dimensions	196 cm (llargada) / 145 cm (amplada) / 92 cm (alçada)
	Pes	390 kg
Interface control	Teclat	88 tecles
		Superfície tecles blanques → ivori artificial
		Superfície tecles negres → banús
	Pedals	Tipus Sostenuto
	Pantalla	34x23 cm (16 polzades)
Cabinet	Displays	Laterals del teclat
	Tapa Superior	3 posicions
		Cantons bisellats
		Stoppers per a caigudes accidentals
	Tapa de les tecles	Protector plàstic transparent
Mecanisme	WNG action	Personalitzable, fet de fibra de carboni
Connexions	USB/MIDI/auricular	Transmissió acústic - digital
Electrònica	Sensors de pressió	PPS (piezoelèctrics)
	Processador	Integrat en la tauleta
Acústica	Taula harmònica	Fusta d'abet Stika
	Anell	Fusta d'auró



Imatge 164. Panell promocional del producte



Imatge 163. XXI Piano packaging

Contextualització del producte

Aquesta imatge serveix per reflectir la interacció del intèrpret (persona) amb el piano, una aproximació de com interactuaria l'usuari amb el producte, i també, mostra les dimensions del piano a escala humana



Imatge 165. Relació usuari-producte

Aquest piano es dissenyat amb la finalitat **d'ajudar al usuari a aprendre** a tocar el piano i a compondre obres per a aquest instrument.

L'objectiu del projecte ha sigut compaginar l'essència del **so acústic** amb les facilitats que proporciona la **electrònica**.

Per tant, anirà destinat a **entorns pedagògics** com són l'escoles i conservatoris de música.

Tot i que, per les dimensions que té (mitja cua) pot encabir-se en estudis de gravació o fins i tot, **habitacles domèstics**.

I a la vegada, per la alta qualitat i tractament dels materials utilitzats pot perfectament fer-se servir en **escenaris** per a exhibicions i audicions musicals.

En el procés de disseny del piano, es parteix de voler ser **trencador i futurista**, però durant aquest es va moderant, influït pel **classicisme** implícit en aquest instrument, per així no desconceptualitzar-lo, fer-lo comprensible. El resultat és un disseny **renovat, emotiu i honest**.

Una relació qualitat-preu molt competitiva en el mercat, tenint una gran **perdurabilitat** i tenint en compte en tot moment el **medi ambient** com a premissa fonamental del disseny.

Proposta de millora

Un cop contrastada la viabilitat de la producció i comercialització del XXI Piano, el pas següent, seria aconseguir dissenyar un piano vertical amb les mateixes premisses que el desenvolupat en aquest projecte, ja que serviria per ampliar el ventall de usuaris que volguessin gaudir de la funcionalitat e innovació implícita en el XXI Piano. Pel simple motiu, que un piano vertical ocupa força menys espai i generalment, és bastant més barat que els de cua, tal i com s'ha vist en la fase d'investigació, així doncs, els usuaris que disposen de menys espai i/o menor pressupost poguessin optar a adquirir la versió vertical o de paret.

Per altra banda, durant la fase de disseny hi van haver idees que varen quedar descartades no per la seva manca de validesa sinó perquè es va decidir orientar el producte cap una altra vessant o per l'elevada complexitat, per exemple si el piano hagués estat concebut per a:

- Els músics professionals que viatgen per tot el món, aconseguir fer el producte completament modulable, per a facilitar el seu hipotètic desplaçament (ja que com bé es sap el piano té un pes i dimensions força feixugues).

- La interpretació en escenaris, poder fer rotar el cos superior del piano (caixa harmònica & teclat) per així facilitar la disposició d'aquest ja sigui en orquestres o en música de cambra.

- Finalment, seguint amb la línia del treball, és a dir, en l'entorn pedagògic, poder desenvolupar un piano amb el teclat corb, per facilitar l'aprenentatge dels nens/persones amb la mà petita, que els ajudaria a arribar a tocar les tecles corresponents (quan es tracta de dobles, triples o quàdruples notes).

Conclusions

La realització d'aquest treball ha sigut tot un repte no només acadèmic sinó personal, degut a la important motivació despertada pel producte. Per una part, la complexitat del piano, en tots els sentits; constructiva, emotiva, conceptual i fins i tot, d'ús, ha sigut el paradigma a resoldre d'una forma on tradició e innovació poguessin encabir-se d'una forma adequada. Per altra banda, com ara es comentava, incloure canvis, en un producte que ha residit impertorbable al pas dels dos últims segles no ha estat quelcom fàcil.

Així doncs, al anar duent a terme la fase d'investigació, i cada vegada sent més conscient de les característiques tant del propi piano com de tot allò que el rodeja, es percebia que el disseny de la proposta seria un camí compromès i desconegut en segons quin aspecte. Ja que des d'un primer moment, com ve indica el títol del treball, es pretén incorporar nous mitjans en el piano per tal d'optimitzar la seva utilitat o incrementar la proximitat al usuari, tot això, sense desconceptualitzar el producte i aportar quelcom que cap altre piano actualment en el mercat aportí.

Així doncs, durant en el briefing es va percebre quin seria el canal òptim per a compaginar la invariabilitat i exigent qualitat d'un piano acústic amb les millores procurades a incorporar, aquest canal seria l'ensenyament, poder ajudar a l'usuari a tocar el piano, naixent així el concepte de piano-professor. Tanmateix, les línies i estètica del piano havien d'anar de la mà amb allò que es volia representar: renovació, modernitat integrada en el classicisme d'una forma elegant.

Tot això, havia d'estar recolzat per una correcta tria de materials i processos de fabricació que fessin viable la producció en sèrie del piano, obtenir un preu competitiu i pervenir tenir menor impacte mediambiental que els hipotètics competidors, lo qual va ser possible precisament per la incorporació de nous materials i nous processos.

Finalment, un cop ja es tenia una proposta real, la comunicació del producte i branding pertinent segueixen la línia del projecte, fonamentada en el equilibri de lo innovador i lo emotiu, així doncs, en aquesta memòria es pot seguir el procés (fruit de les competències adquirides aquests últims anys) que hi ha darrere de la creació d'aquesta proposta, el XXI Piano.

Fonts d'informació utilitzades

Webgrafia

Gary Piano S.A *The art of mastering matter*, França (en línia) (Consulta 17/11/17)

<http://www.garypons.com/english/fabrication/manufacturing>

Living Pianos Workshop *Tensor Resonator by Mason & Hamlin*, EEUU (en línia) (Consulta 17/11/17) <http://livingpianos.com/piano-brands/what-is-a-tension-resonator-system-mason-hamlin-pianos/>

Corrales Pianos, *Piano de cola Bosendorfer*, Espanya (en línia) (Consulta 16/11/17)
<http://www.corralespianos.com/piano-de-cola-bosendorfer-modelo-de-diseno-audi/>

Yamaha, *Instrumentos musicales*, Japó (en línia)(Consultes des de 09/17 a 12/17)
https://es.yamaha.com/es/products/musical_instruments/pianos/index.html

Steinway & Sons, *Pianos de cola*, EEUU (en línia) (Consultes de de 09/17 a 12/17)
<https://eu.steinway.com/es/pianos/steinway/pianos-de-cola/>

Entre 88 teclas, *Proceso de fabricacions de un piano*, Espanya (en línia) (Consulta 13/11/17)
<http://www.entre88teclas.es/el-piano-proceso-de-fabricacion-de-un-piano>

Art observat, *Regulacions pianos de cola y verticales*, Espanya (en línia) (13/11/17)
<http://art.observat.es/ocupaciones/areas-profesionales/fabricacion-y-mantenimiento-de-instrumentos-musicales/12-regulacion-de-pianos-verticales-y-de-cola>

Player Care Service, *The rules of Piano Player Care*, Regne Unit (en línia) (13/11/17)
<https://www.player-care.com/rules.html>

Peugeot DesginLab, *Peugeot Pleyel Piano*, França (en línia) (consultat des de 10/17 a 12/17)
<http://www.peugeotdesignlab.com/en/projects/product-design/peugeot-design-lab-piano-for-pleyel>

Kansas City Piano Tunning, *Piano brands manufacturers*, EEUU (en línia) (consultat 9/11/17)
<http://kansascitypianotuning.com/tuner/piano-brands-manufacturers/>

Total piano Care, *Tone Quality*, EEUU (en línia) (consultat 9/11/17) <http://www.total-piano-care.com/tone-quality.html>

Piano guide, *Ratings of pianos*, EEUU (en línia) (consultat 8/11/17)
<http://www.pianoguide.org/pianoratings.html>

Ziad Kreidy, *Aesthetic transformations of the piano linked to the evolution of manufacturing*, EEUU (en línia) (7/11/17)
<http://www.ziadkreidy.com/Files/Other/Aesthetic transformations of the piano linked to the evolution of manufacturing.pdf>

Mises, *End of US piano industry*, Austria (en línia) (7/11/17) <https://mises.org/library/end-us-piano-industry>

How it's made, EEUU (en línia) (5/11/17)
<http://howitsmade.co.za/how-its-made-pianos/>

Made how, EEUU (en línia) (5/11/17)
<http://www.madehow.com/Volume-3/Piano.html>

PianoRen, *a glossary of the piano parts and rebuilding*, Regne Unit (3/11/17)

<http://www.pianoren.com/piano-glossary/>

Wikipedia, *Construction and components of pianos*, (1/11/17)

https://en.wikipedia.org/wiki/Piano_-_Construction_and_components

Brown Piano Tuning, *Piano weight components, piano worth* (en línia) (1/11/17)

<http://brownpianotuning.com/faq.htm>

Concert Pitch Piano, *Yamaha prices comparison*, EEUU (en línia) (1/11/17)

<http://www.concertpitchpiano.com/Yamaha-Piano-Prices.html>

Blue book for pianos, *Piano information Appraisal*, Regne Unit

(31/10/17) <http://bluebookofpianos.com/>

Wikipedia, *Piano*, (25/10/17) <https://en.wikipedia.org/wiki/Piano>

Piano price point, *Renner piano parts manufacturing* EEUU (23/10/17)

<http://pianopricepoint.com/renner-piano-parts-manufacturing/>

litgg, *Sitting antropometry, static height* (22/10/17)

<http://iitg.vlab.co.in/?sub=72&brch=171&sim=835&cnt=1543>

Real Simple, *The pros and cons of different types of wood* (en línia) (21/10/2017)

<https://www.realsimple.com/home-organizing/decorating/different-types-wood>

Wikipedia, *Absorbente acústico* (21/10/2017)

https://es.wikipedia.org/wiki/Absorbente_ac%C3%BAstico

Wikihow, *3 formas de doblar la madera* (21/10/2017) <https://es.wikihow.com/doblar-madera>

Piano emporium, *Types and quality of wood used in piano manufacturing* (20/10/2017)

<https://www.pianoemporium.com/wood-quality-and-types-used-in-piano-manufacturing/>

WNG action parts, *Webpage (diverses consultes entre 09/17 a 12/17)*

<http://www.wesselnickelandgross.com/>

Ingenieros acústicos, *manual sobre acústica de salas* (en línia) (18/10/2017)

<http://www.ingenierosacusticos.com/ingenieros-acusticos-manual-sobre-acustica-de-salas.pdf>

Hinves, *La arquitectura del piano* (15/10/2017) <http://hinves.com/blog/la-arquitectura-del-piano/>

Corrales Pianos, *Pianos de cola artesanales Yamaha* (14/10/2017)

<http://www.corralespianos.com/pianos-de-cola-artesanales-yamaha-cf-series/>

Hinves, *materiales en piano Steinway* (14/10/2017) <http://hinves.com/blog/materiales-en-los-pianos-steinway/>

Petrof, *Webpage*, Hungría (diverses consultes 10/17) <https://www.petrof.com/>

Kawai Europa, *Webpage*, Regne Unit (13/10/2017) <http://www.kawai.co.uk/>

Seiler pianos, *Concept 6*, EEUU (12/10/2017) [http://www.seiler-](http://www.seiler-pianos.de/pianos/seiler/details/produkt/concept-6/)

[pianos.de/pianos/seiler/details/produkt/concept-6/](http://www.seiler-pianos.de/pianos/seiler/details/produkt/concept-6/)

Grupo IPROM, Transport de piano, Espanya (27/11/2017)

<http://www.transporte-de-pianos.com/barcelona-traslado-mudanza.html>

Europac, Catálogo de cartones, Espanya (29/11/2017)

<http://www.europacgroup.com/ES/LineasNegocio/CartonEmbalaje/Pages/productos.aspx>

MH, Eco-materials (pdf en línia)(11/10/2017)

<http://www.d4s-sbs.org/MH.pdf>

Uship, Piano Movers & transport rates, EEUU (29/11/2017)

<https://www.uship.com/piano-movers/>

Piano disc, ECOMaterials(pdf en línia) (11/10/2017)

<http://www.pianodisc.eu/en/products/wng-wessell-nickel-gross/wng-parts/wood-vs-composite-materials.html>

Hinves, Piano de cola que toca con el movimiento de las nubes, Espanya (28/09/2017)

<http://hinves.com/blog/cloud-piano-piano-cola-toca-movimiento-las-nubes/>

Misawa Homes, M-Wood2 <http://linkscape.com.hk/wp-content/uploads/M-Wood2.pdf>

Nano Hub, Piano Physics, UK (19/12/2017)

<https://nanohub.org/resources/18884/download/2013.06.19-Giordano-REU.pdf>

PPS, Pressure profile catalog, EEUU (2/1/2017) <https://pressureprofile.com/general-sensor-catalog>

Bibliografia

Nancy Grose, Musical Instrument Makers of New York, A directory of the eighteen and nineteen urban craftsmen, 1991, Pendragon Press

Nickolaus W. Schimmel, Piano Manufacturing, An art and a craft, 2015, Wilhelm Schimmel Pianofortefabrik GmbH

Robert Palmieri, The Piano, An Encyclopedia, 2004, Routledge

Edmond E. Jaboro, Piano made easy for Beginners, 1987

David Lundy, Pianos: economic and competitive conditions affecting the U.S. Industry, 1999, US International Trade Comision

Voichita Bucur, Handbook of Materials for String Musical Instruments, 2016, Springer

Kenneth Van Barthold, David Buckton, The story of the Piano, 1975, British Broadcasting Corporation

Nicholas J. Giordano, Physics of the piano, 2010, Oxford

Neville H. Fletcher, Physics of the music instruments, 1991